



# **Stickstoff- und Phosphorbilanzen europäischer, biologisch wirtschaftender Schweinemast- und Zuchtbetriebe unter unterschiedlichen Haltungsbedingungen**

Masterarbeit

Wien, Oktober 2014

vorgelegt von  
Ines Taschl, BSc

BetreuerInnen:      Ao.Univ.Prof. Dr. Werner ZOLLITSCH  
                                 Dr. med.vet. Christine LEEB  
                                 DI Gwendolyn RUDOLPH

## **Danksagung**

Ich möchte mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Erstellung meiner Masterarbeit so großartig unterstützt haben.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei DI Gwendolyn Rudolph für die tatkräftige Unterstützung bei der Erstellung meiner Masterarbeit. Vielen Dank für deine hilfreichen Anregungen, guten Ideen und deinen unermüdlichen Einsatz.

Herzlichen Dank gilt auch Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Werner Zollitsch für die geduldige und wissenschaftliche Unterstützung. Danke für die konstruktiven Vorschläge und Hilfestellungen, ohne die das Verfassen meiner Masterarbeit nicht möglich gewesen wäre.

Außerdem möchte ich mich bei Dr.med.vet. Christine Leeb für die gute Zusammenarbeit und die freundliche Hilfsbereitschaft bedanken.

Ein weiterer Dank gilt Roland Brandhofer, der mir durch sein Fachwissen und seine Unterstützung sehr bei der Ausarbeitung meiner Ergebnisse behilflich war.

Nicht zuletzt gebührt meinen Eltern Dank, da Sie während des Studiums nicht nur finanziell, sondern vor allem auch emotional immer für mich da waren. Ihr habt immer an mich geglaubt und mich ermutigt, wenn die Motivation einmal nicht so groß war.

**DANKE!**

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Abkürzungsverzeichnis.....                                        | V   |
| Abbildungsverzeichnis.....                                        | VI  |
| Tabellenverzeichnis.....                                          | VII |
| 1 Einleitung.....                                                 | 8   |
| 2 Zielsetzung und Fragestellung.....                              | 9   |
| 3 Literatur .....                                                 | 9   |
| 3.1 Nährstoffbilanzierung .....                                   | 9   |
| 3.1.1 Allgemeines.....                                            | 9   |
| 3.1.2 Arten der Nährstoffbilanzierung.....                        | 11  |
| 3.1.3 Bedeutung Stickstoff und Phosphor .....                     | 12  |
| 4 Material und Methode .....                                      | 16  |
| 4.1 ProPIG Projekt .....                                          | 16  |
| 4.2 Datenerhebung.....                                            | 16  |
| 4.3 Haltungssysteme.....                                          | 17  |
| Verteilung der Haltungsformen .....                               | 18  |
| 4.4 Betriebsformen .....                                          | 18  |
| 4.5 Bilanzierungsmethode .....                                    | 19  |
| 4.5.1 Import und Export Pflanzlicher Produkte.....                | 20  |
| 4.5.2 Zu- und Verkauf von Tieren.....                             | 24  |
| 4.5.3 Symbiotische Stickstofffixierung.....                       | 26  |
| 4.5.4 Denitrifikation, asymbiotische N-Bindung und Immission..... | 27  |
| 4.5.5 Stall-Lagerungs- und Ausbringungsverluste .....             | 28  |
| 4.5.6 N- und P-Verluste im Rahmen der Freilandhaltung.....        | 28  |
| 4.6 Statistische Methoden .....                                   | 30  |
| 4.6.1 Allgemeine statistische Auswertung.....                     | 30  |
| 4.6.2 Clusteranalyse .....                                        | 30  |
| 5 Ergebnisse und Diskussion .....                                 | 31  |
| 5.1 Beschreibung der Stickstoffbilanzen je Haltungssystem .....   | 31  |
| 5.1.1 N-Bilanzierung Indoor .....                                 | 32  |
| 5.1.2 N-Bilanzierung Partly Outdoor.....                          | 35  |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1.3 N-Bilanzierung Outdoor.....                                                                  | 39 |
| 5.2 Systembeschreibung Phosphor.....                                                               | 41 |
| 5.2.1 P-Bilanzierung Indoor.....                                                                   | 41 |
| 5.2.2 P-Bilanzierung Partly Outdoor.....                                                           | 44 |
| 5.2.3 P-Bilanzierung Outdoor.....                                                                  | 47 |
| 5.3 Systemvergleich: Strukturmerkmale und Nährstoffbilanzen der verschiedenen Haltungssysteme..... | 49 |
| 5.4 Clusterung der Betriebe .....                                                                  | 55 |
| 5.4.1 Charakterisierung der einzelnen Cluster .....                                                | 56 |
| 5.4.2 Charakterisierung der Bilanz-Cluster .....                                                   | 58 |
| 5.5 Reduktionspotentiale von Nährstoffüberschüssen bzw. -defiziten.....                            | 63 |
| 5.6 Diskussion der Vorgehensweise der Untersuchung .....                                           | 64 |
| 5.7 Literaturvergleich .....                                                                       | 64 |
| 5.8 Schlussfolgerung .....                                                                         | 65 |
| Zusammenfassung .....                                                                              | 66 |
| Abstract .....                                                                                     | 67 |
| Literaturverzeichnis .....                                                                         | 68 |
| Anhang .....                                                                                       | 72 |

# Abkürzungsverzeichnis

|                  |                                       |
|------------------|---------------------------------------|
| a                | Jahr                                  |
| Abb.             | Abbildung                             |
| BIO              | „Biological Input:Output budget“      |
| BMP              | best management practice              |
| ca.              | circa                                 |
| CCP              | current commercial practice           |
| CH <sub>4</sub>  | Methan                                |
| CO <sub>2</sub>  | Kohlendioxid                          |
| d                | Tage                                  |
| dh.              | das heißt                             |
| EIO              | “Economic:Input:Output Model”         |
| FM               | Futtermittel                          |
| GVE              | Großvieheinheit                       |
| ha               | Hektar                                |
| IMP              | improved management practice          |
| I                | Indoor                                |
| kg               | Kilogramm                             |
| LG               | Lebendgewicht                         |
| Max.             | Maximum                               |
| Min.             | Minimum                               |
| Mittelw.         | Mittelwert                            |
| MJ ME            | Megajoule metabolisierbare Energie    |
| N                | Reinstickstoff                        |
| N <sub>2</sub>   | elementarer Stickstoff                |
| NH <sub>3</sub>  | Ammoniak                              |
| NO <sub>x</sub>  | Stickoxide                            |
| NO <sub>3</sub>  | Nitrat                                |
| N <sub>2</sub> O | Lachgas (Distickstoffoxid)            |
| O                | Outdoor                               |
| P                | Reinphosphor                          |
| P.O.             | Partly Outdoor                        |
| PO <sub>4</sub>  | Phosphat                              |
| Std.abw.         | Standardabweichung                    |
| SKG              | Schlachtkörpergewicht                 |
| t                | Tonne                                 |
| Tab.             | Tabelle                               |
| THG              | Treibhausgas                          |
| TM               | Trockenmasse                          |
| TRIO             | “Transfer:Recycle:Input:Output Model” |
| usw.             | und so weiter                         |
| WD               | Wirtschaftsdünger                     |
| XP               | Rohprotein                            |
| z.B.             | zum Beispiel                          |
| z.T              | zum Teil                              |

# Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Besatzdichte und N-Verlusten im Freiland (Brandhofer 2014, verändert nach Williams et al. (2002), Eriksen (2001), Basset-Mens et al. (2007)) .....           | 29 |
| Abbildung 2: N-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Indoor (n=32) .....                                                                                                                    | 32 |
| Abbildung 3: N-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Partly Outdoor (n=23) ....                                                                                                             | 35 |
| Abbildung 4: N-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Outdoor (n=10).....                                                                                                                    | 39 |
| Abbildung 5: P-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Indoor (n=32).....                                                                                                                     | 41 |
| Abbildung 6: P-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Partly Outdoor (n=23).....                                                                                                             | 44 |
| Abbildung 7: P-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Outdoor (n=10).....                                                                                                                    | 47 |
| Abbildung 8: Verteilung der N-Saldi (kg N/ha/a) nach Haltungssystem.....                                                                                                                        | 50 |
| Abbildung 9: Verteilung der P-Saldi (kg P/ha/a) nach Haltungssystem .....                                                                                                                       | 53 |
| Abbildung 10: Kriterien für die Auswahl der Cluster .....                                                                                                                                       | 55 |
| Abbildung 11: Dendrogram über die Bildung der Cluster.....                                                                                                                                      | 56 |
| Abbildung 12: Signifikante Unterscheidung der Cluster durch den Faktor N- Import über Futtermittel und Stroh (versch. Buchstaben (ABCD) weisen auf sign. Unterschiede hin ( $p < 0,05$ )) ..... | 59 |
| Abbildung 13: Eingabemaske N Bilanzierung, verändert nach Brandhofer (2014) ...                                                                                                                 | 73 |
| Abbildung 14: Eingabemaske P Bilanzierung, verändert nach Brandhofer (2014) ...                                                                                                                 | 75 |
| Abbildung 15: Eingabemaske Zukaufsfuttermittel, verändert nach Brandhofer (2014) .....                                                                                                          | 75 |

# Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Interpretation von Stickstoffbilanzsaldi nach Freyer und Percin (1996) ...                          | 13 |
| Tabelle 2: Interpretation von Phosphor-Bilanzsaldi nach Freyer und Percin (1996) .                             | 14 |
| Tabelle 3: N/P -Verlustmengen im Freiland nach Williams et al. (2000).....                                     | 15 |
| Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl der Betriebe je Land und Haltungssystem .....                             | 18 |
| Tabelle 5: In- und Outputgrößen der Nährstoffbilanzierung.....                                                 | 19 |
| Tabelle 6: N-Fixierungsleistungen der häufigsten Ackerleguminosen (nach Stein-Bachinger et al., 2004).....     | 26 |
| Tabelle 7: N-Einflussfaktoren der Indoor-Betriebe 1-18.....                                                    | 33 |
| Tabelle 8: N- Einflussfaktoren der Indoor-Betriebe 19-32.....                                                  | 34 |
| Tabelle 9: N- Einflussfaktoren der Partly Outdoor- Betriebe 1-13.....                                          | 37 |
| Tabelle 10: N- Einflussfaktoren der Partly Outdoor- Betriebe 14-23.....                                        | 38 |
| Tabelle 11: N- Einflussfaktoren der Outdoor-Betriebe 1-10.....                                                 | 40 |
| Tabelle 12: P- Einflussfaktoren der Indoor- Betriebe 1-19.....                                                 | 42 |
| Tabelle 13: P- Einflussfaktoren der Indoor- Betriebe 19-32.....                                                | 43 |
| Tabelle 14: P- Einflussfaktoren der Partly Outdoor-Betriebe 1-13.....                                          | 45 |
| Tabelle 15: P- Einflussfaktoren der Partly Outdoor-Betriebe 14-23.....                                         | 46 |
| Tabelle 16: P- Einflussfaktoren der Outdoor-Betriebe 1-10.....                                                 | 48 |
| Tabelle 17: Vergleich von Betriebsgröße und Besatzdichte zwischen den Betrieben der drei Haltungssysteme ..... | 49 |
| Tabelle 18: Stickstoffbilanzen in kg N/ha/a nach Haltungssystem.....                                           | 50 |
| Tabelle 19: Einflussgrößen der Stickstoffbilanzierung (in kg N/ha/a) nach Haltungssystem .....                 | 52 |
| Tabelle 20: Phosphorbilanzen in kg N/ha/a nach Haltungssystem .....                                            | 53 |
| Tabelle 21: Einflussgrößen der Phosphorbilanzierung (in kg P/ha/a) nach Haltungssystem .....                   | 54 |
| Tabelle 22: Stickstoff (kg N/ha/a)- und Phosphorbilanzen (kg P/ha/a) nach Cluster                              | 58 |
| Tabelle 23: Futtermittelkategorien, die von Betrieben der verschiedenen Cluster importiert werden.....         | 61 |

# 1 Einleitung

Unter allen Landbewirtschaftungsformen gilt die biologische Landwirtschaft als die umweltschonendste. Vernetztes Denken und ein möglichst geschlossener Betriebskreislauf mit einer vielfältigen Struktur sind die Grundlagen und eine Voraussetzung für eine erfolgreiche biologische Landwirtschaft (BMLFUW, 2012).

Eines der wesentlichsten Ziele im ökologischen Landbau ist es, möglichst umwelt- und ressourcenschonend zu wirtschaften und dabei gleichzeitig Ertrag und Qualität zu optimieren. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, die innerbetrieblichen Nährstoffflüsse möglichst effizient auszunutzen (Stein-Bachinger et al., 2004).

Kennzeichnend für eine nachhaltige Landwirtschaft sind die geringen Nährstoffemissionen in Grund- und Oberflächenwasser und die Luft sowie die geringen Stoffanreicherungen im Boden (Phosphor, Schadstoffe). Der effizientere Umgang mit Düngemitteln und anderen Nährstoffquellen bildet daher im Sinne einer umweltgerechten Landwirtschaft unbedingte Voraussetzung (Götz und Zehntner, 1996).

Die Methode der Nährstoffbilanzierung hat in den letzten Jahrzehnten Eingang in die Forschung der Landwirtschaft gefunden. Nährstoffbilanzen stellen eine Möglichkeit dar, die Nährstoffeffizienz und damit die Umweltverträglichkeit von Landnutzungssystemen zu bewerten. Außerdem können Nährstoffbilanzen als Planungsinstrument für die betriebliche Entwicklung genutzt werden, um potentielle Schwachstellen (Nährstoffdefizite oder –überschüsse) in der Tierhaltung und im Pflanzenbau zu ermitteln. Vor allem die Medien Boden, Wasser und Luft sind Teil dieses Kreislaufes. Derzeit werden verschiedene Ansätze und Ebenen der Nährstoffbilanzierung in der Praxis zur Anwendung gebracht (Götz, 1997; Stein-Bachinger et al., 2004).

Nährstoffüberschüsse stellen in jedem Fall ein Umweltgefährdungspotential dar. Oft ist es schwierig, die Umweltbelastungen als solche von den einzelnen Akteuren zu erkennen. Häufig fehlt die Möglichkeit zur Selbstkontrolle (Götz und Zehntner, 1996).

## 2 Zielsetzung und Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Stickstoff- und Phosphorbilanzen von Bio-Schweinebetrieben unter unterschiedlichen Haltungsbedingungen zu erstellen. Die Ergebnisse werden auf Systemebene ausgewertet und verglichen sowie Möglichkeiten zur Reduktion von Nährstoffüberschüssen erarbeitet.

Folgende Fragestellungen werden in der vorliegenden Arbeit behandelt:

- *In welchen Bereichen liegen die Bilanzüberschüsse bzw. wo liegt das größte Potential, diese zu reduzieren?*
- *Gibt es Unterschiede in den N- und P- Bilanzsaldi zwischen Stallhaltungssystemen (Indoor), teilweiser Freilandhaltung (Partly-Outdoor) und Freilandhaltung (Outdoor)?*
- *Welche betriebspezifischen Merkmale differenzieren die N und P Bilanzsaldi?*

## 3 Literatur

### 3.1 Nährstoffbilanzierung

#### 3.1.1 Allgemeines

Die Nährstoffbilanz dient als wichtiger Indikator dafür, die Geschlossenheit eines Betriebes aufzuzeigen (Input-/Output-Verhältnis der Nährstoffe). Die Bilanzierungen zeigen, wie weit es den Betrieben gelungen ist, die Nutzung der betriebseigenen Leistungsfähigkeit, ihre Erträge und Leistungen und unter Berücksichtigung der zeitlichen Dimension, die Nachhaltigkeit der Erzeugung in ein für die Bilanzierung optimales Verhältnis zu bringen (Koepp et al., 1989).

Die Nährstoffversorgung steht auch in Abhängigkeit vom Zukauf von Betriebsmitteln. Dieser hat bei konventionellen Betrieben bereits ein hohes Maß erreicht. In der biologischen Landwirtschaft wird versucht, den Zukauf möglichst niedrig zu halten (IFOAM, 2014).

Nach Götz (1997) wird die Methode der Nährstoffbilanzierung im Rahmen einer globaleren Sichtweise als Instrument zur Darstellung der drei Komponenten Ökologie, Ökonomie und Soziales in einer nachhaltigen Landwirtschaft vorgestellt.

Die ökologische Komponente stellt die Umweltverträglichkeit hinsichtlich des Nährstoffhaushaltes dar. Die ökonomische Komponente besteht darin, die Effizienzsteigerung eines Betriebes hinsichtlich Betriebsmitteleinsatz zu bewerten. Das bedarfsgerechte Produzieren und Konsumieren von Biomasse in einer Region bildet die soziale Komponente.

Nach Stein-Bachinger et al. (2004) ist die Nährstoffbilanz eine Gegenüberstellung der zugeführten und abgeführten Nährstoffmengen in Abhängigkeit der Bezugsebene (Betrieb, Region) und des Bilanzzeitraumes. Um die Nährstoffbilanz am Hoftor möglichst aussagekräftig zu machen, ist es wichtig, den Beobachtungszeitraum möglichst weit zu gestalten (Koepf, 1989). Stein-Bachinger et al. (2004) schlagen deshalb vor, Daten aus mindestens 3 Jahren für die Bilanzierung zu verwenden, um die z.T. großen jährlichen Schwankungen auszugleichen. Auch weitere Ungenauigkeiten, die durch Käufe und Verkäufe entstehen, die in den Unterlagen eines Wirtschaftsjahres zwar erscheinen, aber erst in den folgenden Jahren verwendet oder aufgeführt werden, können damit ausgeschlossen werden. Somit steigt die Zuverlässigkeit der Aussage, je mehr Jahre für die Berechnung berücksichtigt werden, da die Einzeljahreseffekte ausgeglichen werden können. In diesem Projekt stehen allerdings nur die Daten eines Wirtschaftsjahres (aufgrund des hohen Datenerhebungsaufwandes von 75 Betrieben) zu Verfügung.

Im Optimalfall ist die Nährstoffbilanz unter Berücksichtigung aller Stoffflüsse ausgeglichen. Infolge einer höheren Nährstoffzufuhr im Vergleich zur Nährstoffabfuhr ergibt sich ein positiver Nährstoffsaldo (=Nährstoffüberschuss). Ein negativer Nährstoffsaldo entsteht hingegen bei einer höheren Nährstoffabfuhr im Vergleich zur Nährstoffzufuhr (= Nährstoff-Defizit).

Kennzeichnend für natürliche Ökosysteme sind weitgehend geschlossene Nährstoffkreisläufe. Die Entkopplung von tierischer und pflanzlicher Produktion führt dazu, dass die Nährstoffkreisläufe auf spezialisierten Betrieben teilweise überfrachtet und andererseits völlig offen sein können. Daraus folgt, dass der Nährstoffeinsatz in der Landwirtschaft einen hohen Beitrag zur Klärung der Interaktionen zwischen Landwirtschaft und Umwelt liefert. Zu Diskussionen führt vor allem die Stellung der Landwirtschaft in Bezug auf Umweltschäden durch Eutrophierung von Oberflächen- und Grundwasser sowie durch gasförmigen Verluste in die Atmosphäre (Rogasik et al., 2004).

Stein-Bachinger et al. (2004) geben folgende Voraussetzungen für eine sinnvolle Nährstoffbilanzierung an:

- Das Betriebssystem eines Betriebes sollte über einen längeren Zeitraum nicht umgestellt werden, sodass die im System befindlichen Nährstoffmengen, längerfristig betrachtet, nahezu konstant sind. Wenn diese Voraussetzung nicht gegeben ist, müssen jährliche Schwankungen durch das Miteinbeziehen von mehreren Wirtschaftsjahren in die Bilanzierung ausgeglichen werden.

- Mögliche N-Bilanzüberschüsse können gasförmig entbunden (im Zuge von Denitrifikation oder  $\text{NH}_3$ -Entgasung), oder über Sickerwasser in Form von Nitrat verlagert werden. Die durch Entgasung entstehenden  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen in der Atmosphäre stellen ebenfalls ein Umweltgefährdungspotential dar und dürfen daher nicht als „sinnvolle“ Komponente zur Reduktion des N-Belastungspotentials angesehen werden.
- Der N-Bilanzüberschuss stellt das generelle N-Belastungspotenzial der Umwelt dar und kann nicht exakt auf die zwei Verlustwege der Entgasung und der Auswaschung zugewiesen werden.
- Bei der Interpretation der Bilanzergebnisse muss darauf geachtet werden, dass aufgrund notwendiger Schätzgrößen die Ergebnisse mit einem Fehlerbereich behaftet sind. Ebenso führen unterschiedliche Bilanzierungswege sowie unterschiedliche Annahmen bei nicht exakt erfassbaren Input- und Output-Größen zu deutlich verschiedenen Ergebnissen.

### **3.1.2 Arten der Nährstoffbilanzierung**

Je nach Umfang der berücksichtigten Faktoren kann zwischen verschiedenen Bilanzierungsverfahren unterschieden werden.

Die einfachste Form der Nährstoffbilanzierung ist der Ansatz der EIO Budgetierung (= Economic Input:Output budget) nach Watson & Atkinson (1999). Dabei werden jene N- und P-Flüsse berücksichtigt, die über den Zu- bzw. Verkauf von Betriebsmitteln und Produkten in den Betrieb gelangen bzw. aus dem Betrieb ausscheiden. Diese Bilanzierungsform entspricht der einfachen Hoftorbilanz nach Stein-Bachinger (2004). Der über die Luftstickstoffbindung der Leguminosen entstehende N-Input wird dabei nicht berücksichtigt. Es werden die Parameter Saat-/ Pflanzgut, Düngemittel, Futtermittel, Stroh, Flächenveränderungen, Vieh, sowie tierische und pflanzliche Produkte in die Bilanzierung aufgenommen.

Da diese Methode der Nährstoffbilanzierung einige wichtige Aspekte außer Acht lässt, steht für genauere Berechnungen der Ansatz der BIO Budgetierung (Biological Input:Output budget) zur Verfügung. Hierbei werden neben den oben genannten Faktoren auch die symbiotische und nichtsymbiotische Stickstofffixierung berücksichtigt.

Dieser Ansatz lässt sich mit der erweiterten Hoftorbilanz von Stein-Bachinger et al. (2004) vergleichen. Der Datenerfassungsaufwand ist hier um einiges höher, da die Stickstoffbindung über die Leguminosen in Abhängigkeit von der Kultur und den Anbauflächen kalkuliert werden muss.

Ein noch umfassenderes Instrument zur Nährstoffbilanzierung ist der TRIO Ansatz (Transfer:Recycle:Input:Output budget). Dieser Ansatz enthält nicht nur alle Informationen der BIO Budgetierung, sondern berücksichtigt auch die Nährstoffflüsse im Boden (Immobilisierung, Mineralisierung).

Außerdem können in diesem Modell auch dynamische Prozesse wie Änderungen der Landnutzung oder des Tierbestandes kalkuliert werden (Watson & Atkinson, 1999). Dieser Ansatz lässt sich mit der Gesamtbilanz nach Stein-Bachinger et al. (2004) vergleichen. Es werden die Teilbilanzen Hoftor-, Schlag- und Stallbilanz zu einer Gesamtbilanz zusammengefasst. Im Unterschied zum TRIO Ansatz wird hier allerdings davon ausgegangen, dass die im System befindlichen Stickstoffmengen über längeren Zeitraum nahezu gleich bleiben (dh. das Betriebssystem wird über längeren Zeitraum nicht umgestellt).

Solidität und Verfügbarkeit der Daten sind entscheidend für die Genauigkeit der Bilanzergebnisse. Aufgrund verschiedener Umstände (z.B. hoher Arbeitsaufwand, hohe Kosten) ist es in einigen wichtigen Bereichen oft nicht möglich, direkte Messungen durchzuführen (Stein-Bachinger, 2004). Dies erfordert eine möglichst genaue Schätzung jener Parameter, die nicht genau erfasst werden können. Hier gilt es, möglichst geeignete Schätzverfahren zu finden, um den Fehlerbereich gewonnener Ergebnisse möglichst gering zu halten. Der Effekt der Schätzungen hängt von der Wichtigkeit der jeweiligen Parameter ab. Allgemein gilt, umso mehr Parameter geschätzt werden, desto ungenauer ist das Bilanzierungsergebnis (Watson & Atkinson, 1999). Obwohl Ergebnisse, die durch Schätzverfahren beeinflusst werden, nicht exakte Berechnungen liefern, ist es möglich, unter Berücksichtigung der Schätzgrößen eine Richtung abzuschätzen, in die sich eine Veränderung hin entwickeln kann (Jandl, 2013).

Die Erstellung der Stickstoff- und Phosphorbilanzen in der vorliegenden Arbeit erfolgt in Anlehnung an die von Stein-Bachinger (2004) vorgeschlagene Gesamtbilanzerstellung. Dabei werden Hoftorbilanz, Bodenbilanz und Stallbilanz verknüpft.

### **3.1.3 Bedeutung Stickstoff und Phosphor**

Oberflächengewässer sind in Europa zunehmend durch Eutrophierung mit anorganischen Stickstoff- und Phosphatverbindungen gefährdet, da es dadurch zu vermehrtem Algenwachstum, Sauerstoffmangel, Veränderung der Artzusammensetzung usw. kommen kann (Götz und Zehetner, 1996).

In den letzten Jahrzehnten ging die Entwicklung der Landwirtschaft in Europa in Richtung Intensivierung. Es kam zu einer Steigerung der tierischen und pflanzlichen Produktion bei immer kleiner werdender Produktionsfläche. Auf Kosten der Betriebsautonomie und der Umwelt werden zunehmend höhere Erträge erzielt und es kommt zu einem Aufbrechen der innerbetrieblichen Nährstoffkreisläufe (Götz und Zehetner, 1996).

Durch unsachgemäße Bewirtschaftung entstehen Nährstoffüberschüsse, welche nicht mit den Ernteprodukten vom Feld abgeführt werden. Dies führt dazu, dass die Überschüsse über verschiedene Verlustwege in angrenzende Ökosysteme gelangen. Bei Stickstoff finden diese Eintragspfade in andere Ökosysteme vor allem über Nitratauswaschungen ins Grundwasser sowie Ammoniak-Abgasungen und Lachgasemissionen in die Luft statt. Beim Phosphor kommt es durch Wind und Wassererosion hauptsächlich zu P- Einträgen in die Oberflächengewässer (Götz und Zehetner, 1996; Öborn et al., 2003).

### **3.1.3.1 Stickstoff**

Stickstoff nimmt in der Pflanzenernährung eine wichtige Rolle ein, da dieser im Vergleich zu anderen Nährstoffen am meisten aufgenommen wird und am stärksten ertragsbildend ist (Götz und Zehetner, 1996). Stickstoff wird auch als Motor des Pflanzenwachstums bezeichnet, unterliegt im Boden zahlreichen Ab-, Um- und Aufbauprozessen und nimmt daher eine Sonderstellung unter den für die Pflanzenernährung wichtigen Nährstoffen ein (LAD, 2010).

Der Gehalt des Bodens an mineralischem Stickstoff ist im Laufe des Jahres, besonders aber während der Vegetation, großen Schwankungen unterworfen. Die Dynamik von Stickstoff im Boden resultiert unter anderem aus ökologischen Faktoren wie Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Durchlüftung des Bodens. Diese Faktoren beeinflussen die Freisetzung von organisch gebundenem Stickstoff, das Entweichen von gasförmigem Stickstoff, die Stickstoffverluste durch Auswaschung und Erosion, sowie die biologische Bindung von Luftstickstoff oder der Nährstoffentzug durch die Pflanzen (Söllradl, 2012).

Tabelle 1 ermöglicht es, Ergebnisse von Nährstoffbilanzen zu interpretieren:

*Tabelle 1: Interpretation von Stickstoffbilanzsaldi nach Freyer und Percin (1996)*

| <b>Stickstoff – Hoftorbilanz</b> | <b>Saldo in kg N/ha und Jahr</b> |
|----------------------------------|----------------------------------|
| stark defizitär                  | unter -50                        |
| schwach defizitär                | -50 bis -10                      |
| ausgeglichen                     | -10 bis +10                      |
| schwach überschüssig             | +10 bis +50                      |
| stark überschüssig               | über +50                         |

### **3.1.3.2 Phosphor**

Phosphor zählt ebenfalls zu den ertragsbildenden Nährstoffen des Bodens. Der nachhaltige Umgang mit diesem Nährstoff ist aufgrund des knappen Vorkommens in Lagerstätten sehr wichtig. Bis zum Jahr 2033 wird der Großteil der natürlichen Lagerstätten aufgebraucht sein. Deshalb ist es wichtig, möglichst bewusst und

nachhaltig mit dieser Ressource umzugehen (Soil Association, 2010; Gustafson et al. 2003). Die betriebliche Bilanzierung ermöglicht es festzustellen, ob die Zufuhr von Phosphor in den Betriebskreislauf überhaupt erforderlich ist. Dauerhaft positive Phosphorbilanzen weisen auf eine Zunahme des P-Gehaltes im Oberboden des Acker- und Grünlandes hin (Braun et al., 1994). Dadurch können Austräge in Oberflächengewässer stattfinden, die sowohl von der Hangneigung abhängig, als auch stark erosions- und witterungsbedingt sind. Phosphorverluste sind insbesondere bei Freilandhaltung ein Thema, da Weidetiere ihre Ausscheidungen ungleichmäßig auf die Weideflächen verteilen. So finden sich beispielsweise in der Nähe von Tränken auf kleinen Flächen starke P-Anreicherungen. Auch kann das intensive Beweiden Bodenverdichtungen verursachen, die eine Versickerung des Wassers ins Bodenprofil behindern und so die Oberflächenabschwemmung verstärken (Frossard et al., 2004).

Positive P-Bilanzen können durch hohe Kraftfuttergaben in der Tierhaltung und dem Einsatz von Phosphordünger in der Landnutzung verursacht werden. Phosphor reichert sich in Folge im Hofdünger an, wird ausgebracht, und findet sich somit im Boden wieder (Braun et al., 1994).

Tabelle 2 ermöglicht es, Ergebnisse von Phosphorbilanzen zu interpretieren:

*Tabelle 2: Interpretation von Phosphor-Bilanzsaldi nach Freyer und Percin (1996)*

| <b>Phosphor – Hoftorbilanz</b> | <b>Saldo in kg P/ha und Jahr</b> |
|--------------------------------|----------------------------------|
| stark defizitär                | unter -13                        |
| schwach defizitär              | -13 bis -4,5                     |
| ausgeglichen                   | -4,5 bis +4,5                    |
| schwach überschüssig           | +4,5 bis +13                     |
| stark überschüssig             | über +13                         |

### **3.1.3.3 N- und P- Verluste im Freiland**

In einer zweijährigen Feldstudie von Williams et al. (2000) wurden verschiedene Outdoor-Systeme auf Nitratauswaschung, Ammoniakverflüchtigung und Lachgasemissionen verglichen. Dabei wurden im Sommer 1995 drei Flächen zu je 1 ha mit tragenden Sauen bzw eine Fläche zu 1ha als Vergleichsfläche bereitgestellt. Bei den mit Sauen bestockten Flächen konnte je nach Besatzdichte und vorhandener Vegetationsdecke zwischen 3 verschiedenen Systemen unterschieden werden:

Bei einer Besatzdichte von 25 tragenden Sauen/ha oder mehr und nicht vorhandener Vegetationsdecke wurde das System als „current commercial practice-CCP“ bezeichnet. Hier ging man von den mengenmäßig größten Stickstoffverlusten aus.

Das System mit einer Besatzdichte von 18 tragenden Sauen und teilweise vorhandenen Vegetationsdecke wurde als „improved management practice- IMP“ bezeichnet. Das dritte im Versuch vorkommende Haltungssystem umfasste 12 oder weniger tragende Sauen pro Hektar und eine vorhandene Vegetationsdecke und wurde als „best management practice- BMP“ deklariert. Bei den niedrigen Besatzdichten und vorhandener Vegetationsdecke ging man von reduzierten Stickstoffverlusten im Vergleich zum CCP System aus. Die vierte Fläche diente als Vergleich- es wurden keine Sauen auf der Fläche gehalten, sondern Ackerbau betrieben.

Anhand der Ergebnisse dieser Studie konnten folgende N/P-Verlustmengen ermittelt werden, und im vorliegenden Projekt in die Bilanzierung miteinbezogen werden (siehe 4.5.6):

*Tabelle 3: N/P -Verlustmengen im Freiland nach Williams et al. (2000)*

| <b>Verluste (kg/ha/Jahr)</b> |                    |                    |                    | <b>"Management"/ Einflussfaktor</b>     |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| NO <sub>3</sub> -N           | NH <sub>3</sub> -N | N <sub>2</sub> O-N | PO <sub>4</sub> -P |                                         |
| 8                            | 48                 | 0.2                | 0.65               | "Best practice" (<1 Jahr)               |
| 48                           | 72                 | 0.3                | 0.65               | "Improved management practice" (1.Jahr) |
| 121                          | 72                 | 0.3                | 0.65               | „Improved management practise“ (2.Jahr) |
| 56                           | 100                | 0.4                | 0.90               | "Current commercial practice" (1.Jahr)  |
| 132                          | 100                | 0.4                | 0.90               | "Current commercial practice" (2.Jahr)  |

## **4 Material und Methode**

### **4.1 ProPIG Projekt**

Die Masterarbeit wird im Rahmen des länderübergreifenden ProPIG Projektes (CoreOrganic II) durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung ist es, den Zusammenhang von Tiergesundheit und Wohlergehen mit den Einflussfaktoren Fütterung und Umweltwirkung auf europäischen, biologisch wirtschaftenden Schweinebetrieben zu untersuchen und ein Werkzeug zur Verbesserung dieser Bereiche zu schaffen (Leeb, 2011). Darauffolgend gilt es, die gewonnenen Erkenntnisse zu verbreiten, um die derzeitigen Bewirtschaftungsformen und deren Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Am Projekt sind 9 Partner in 8 verschiedenen Ländern Europas beteiligt (AT; CH; CZ, DE; DK; FR, IT; UK). Es wurden drei Haltungssysteme (siehe 4.3) definiert, die sowohl auf ihren Einfluss auf Tiergesundheit und Wohlergehen, als auch auf ihre Umweltauswirkungen untersucht werden. Im Bereich der Umweltwirkung wird die Erstellung von Stickstoff- und Phosphorbilanzen für die Betriebe in Deutschland, Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Italien, Schweiz und Tschechische Republik im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt. Die Nährstoffbilanzen der österreichischen Betriebe wurden bereits im Zuge der Masterarbeit von Brandhofer (2014) erstellt.

### **4.2 Datenerhebung**

Die Datenerhebung erfolgte von Sommer 2012 bis Jänner 2013 im Zuge von Betriebsbesuchen der Projektmitarbeiter der jeweiligen Länder. Dabei wurde ein standardisierter, elektronischer Fragebogen eingesetzt, mit welchem die Daten eines Wirtschaftsjahres (Bezugszeitraum: ein Jahr vor dem Betriebsbesuch) erhoben wurden. Das eigens für dieses Projekt entwickelte Software-Programm „PigSurfer“ ermöglichte es, die Daten vor Ort am Tablet einzutragen, womit eine direkte Weiterverarbeitung und Nutzung der Daten ermöglicht wurde. Die Datengrundlagen stammen zum Teil aus dem Wissensstand der Betriebsleiter und zum anderen Teil von diversen Betriebsaufzeichnungen und Belegen. Für die Erhebung der Produktionsdaten im Bereich der tierischen Produktion wurden Sauenplaner, Schlachthofbelege und weitere betriebsinterne Aufzeichnungen herangezogen. Der Futtermittelverbrauch wurde anhand von Aufzeichnungen bzw. persönlichen Auskünften der Landwirte möglichst genau geschätzt. Angaben zur Eigenerzeugung von Futterkomponenten wurden ebenso erfasst, wie dessen Umgang und Nutzung, um festzustellen, in welchem Ausmaß einzelne Futterkomponenten am Betrieb im Jahr vor den Betriebsbesuchen zugekauft bzw. verkauft wurden.

Um diese Daten möglichst genau ermitteln zu können, wurden Verkaufs- bzw. Zukaufsbelege herangezogen. Im Bereich der Flächenausstattung wurden

Betriebsgröße, Flächennutzung, Art und Menge an angebauten Kulturarten, deren Erträge sowie anteilige Nutzung für die Schweine am Betrieb erfasst.

Der Umgang mit Wirtschaftsdünger (Verwendung, Lagerung, Behandlung und Ausbringungsweise usw.) wurde ebenfalls im Zuge der Betriebsbesuche aufgezeichnet. Außerdem wurde der Zukauf von Phosphor als Düngemittel bei der Datenerhebung berücksichtigt.

Die Daten zu Stall- Lagerungs- und Ausbringungsverlusten von N in Form von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{N}_2$  wurden bereits im Zuge der Erstellung der THG-Bilanzen (Leeb et al., 2014) ermittelt und fließen direkt in die N-Bilanzen ein.

### **4.3 Haltungssysteme**

Insgesamt standen 75 ProPIG-Projektbetriebe für die Bilanzerstellung zur Verfügung. Die Nährstoffbilanzen der 15 österreichischen Betriebe wurden bereits von Roland Brandhofer (2014) berechnet. Folgende drei Haltungssysteme werden im Zuge der vorliegenden Masterarbeit auf deren Umweltwirkung im Bereich der Nährstoffbilanzierung untersucht:

- Indoor-Haltung:  
Bei der Indoor Haltung werden alle Schweine das ganze Jahr über im Stall (mit planbefestigtem Auslauf) gehalten.
- Partly Outdoor-Haltung:  
Bei diesem System verbringen die Schweine zumindest einen Teil des Produktionszyklus im Freien. Dies bedeutet, dass nur ein Teil der Tiere im Freien gehalten wird (z.B. ganze Herde nur im Sommer im Freiland oder nur tragende Sauen immer im Freiland usw.)
- Outdoor-Haltung:  
Bei dieser Haltungsform befinden sich die Schweine das ganze Jahr im Freiland. Auf den Koppeln werden den Tieren geschützte Unterstände angeboten. Diese Schweinehaltung wird in die Fruchtfolge integriert.

Von den insgesamt 75 Projektbetrieben werden 32 Betriebe als reine Stallhaltungs-Betriebe bewirtschaftet. 20 Betriebe bewirtschaften ihre Betriebe in Form von reinen Outdoor-Betrieben und 23 Betriebe stellen die Bewirtschaftungsform einer teilweisen Outdoor-Haltung dar.

## Verteilung der Haltungsformen

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Projektbetriebe befinden sich in 8 Ländern Europas, wobei sich länderspezifisch Tendenzen aufzeigen lassen, welche Haltungsformen bevorzugt bewirtschaftet werden. Tabelle 4 gibt einen Überblick, wie viele Betriebe des jeweiligen Landes welche Haltungsform führen. Von den ursprünglich 75 Projektbetrieben mussten einige aufgrund mangelhafter Datengrundlage aus dem Projekt ausgeschieden werden. Die Erstellung der Nährstoffbilanzen kann somit für insgesamt 50 Betriebe durchgeführt werden.

Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl der Betriebe je Land und Haltungssystem

|               | <b>Anzahl der Betriebe (N) pro Haltungssystem</b> |                |          |
|---------------|---------------------------------------------------|----------------|----------|
| <b>Land</b>   | Indoor                                            | Partly Outdoor | Outdoor  |
| AT            | 12                                                | 2              | 1        |
| CH            | 7                                                 | 2              | 0        |
| CZ            | 0                                                 | 1              | 0        |
| DE            | 12                                                | 3              | 0        |
| DK            | 0                                                 | 10             | 0        |
| FR            | 0                                                 | 4              | 0        |
| IT            | 1                                                 | 0              | 6        |
| UK            | 0                                                 | 1              | 3        |
| <b>Gesamt</b> | <b>20</b>                                         | <b>21</b>      | <b>9</b> |

Anhand der Tabelle 4 ist ersichtlich, dass die Form der reinen Outdoorhaltung innerhalb des Projektes ausschließlich in den Ländern Österreich, Italien und Großbritannien betrieben wird. Frankreich, Dänemark und Tschechien sind jeweils nur mit Partly Outdoor Betrieben am Projekt beteiligt. In Österreich, Deutschland und der Schweiz befinden sich sowohl reine Indoor- als auch Partly Outdoor- Betriebe im Projekt.

## 4.4 Betriebsformen

### Kombinierte Betriebe

Als „kombinierte“ Betriebe werden jene Projektbetriebe bezeichnet, welche sowohl die Produktionsstufe der Zucht (Ferkelerzeugung) als auch die Produktionsstufe der Mast eigenständig durchführen. Dabei werden entweder alle Ferkel, die am Betrieb erzeugt werden selber gemästet, oder zum Teil an einen Mastbetrieb verkauft.

### Reine Zuchtbetriebe

Betriebe, die sich auf die Erzeugung von Ferkel spezialisiert haben, werden als „reine Zuchtbetriebe“ bezeichnet. Die produzierten Ferkel werden mit einem Gewicht von ca. 30kg zur Mast an einen Partnerbetrieb verkauft.

### Reine Mastbetriebe

Als „reine Mastbetriebe“ werden jene Projektbetriebe benannt, welche die Ferkel von einem Zuchtbetrieb mit einem Lebendgewicht von ca. 30kg zukaufen und am Betrieb mästen.

## 4.5 Bilanzierungsmethode

Die Berechnung der Stickstoff- und Phosphorbilanzen erfolgt in Anlehnung an die von Stein-Bachinger (2004) vorgeschlagene Gesamtbilanzerstellung. Dabei werden Hoftorbilanz, Bodenbilanz und Stallbilanz verknüpft. Dies ermöglicht Aussagen über die gesamtbetrieblichen Nährstoffverluste.

Bei der Erstellung der Nährstoffbilanzen werden folgende In- und Outputgrößen erfasst (Tabelle 5):

*Tabelle 5: In- und Outputgrößen der Nährstoffbilanzierung*

| Nährstoff Zufuhr                  | Nährstoff Abfuhr                            |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| Zukauf von Vieh                   | Verkauf von Vieh                            |
| Zukauf von Futtermittel und Stroh | Verkauf von Futtermittel                    |
| Zukauf von Saat- und Pflanzgut    | Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste |
| Symbiotische N-Bindung            | Verkauf von Düngemittel                     |
| Zukauf von Düngemittel            | Nährstoffverluste im Freiland               |

Alle Stickstoff- und Phosphorverbindungen werden auf elementaren N bzw. P umgerechnet. Außerdem werden die Ergebnisse in kg/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche angegeben, um die Nährstoff-Überschüsse bzw. –Defizite der einzelnen Betriebe und Systeme vergleichen zu können.

Die in Tabelle 5 dargestellten Input-Größen der Nährstoffbilanzierung setzen sich aus folgenden Daten zusammen:

*Tierische Produktions- und Leistungsdaten:*

- Anzahl abgesetzter Ferkel pro Jahr
- Anzahl gemästeter Schweine pro Jahr

- Remontierungsrate in Prozent
- Durchschnittliche Anzahl der Sauen am Betrieb
- Anzahl zugekaufter Mastschweine pro Jahr

*Pflanzliche Produktions- und Leistungsdaten:*

- Zukauf von Futtermittel bzw. Stroh
- Saatgutzukauf
- Symbiontische Stickstofffixierung

Die Output-Größen der Nährstoffbilanzierung (siehe Tabelle 5) setzen sich aus folgenden Daten zusammen:

*Tierische Produktions- und Leistungsdaten:*

- Anzahl verkaufter/abgehender Sauen pro Jahr
- Durchschnittliches Lebendgewicht der Sauen bei Schlachtung
- Anzahl verkaufter/abgehender Ferkel pro Jahr (~ 30kg LG)
- Anzahl verkaufter Schlachttiere pro Jahr
- Lebendgewicht verkaufter Schlachttiere
- Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste

*Pflanzliche Produktions- und Leistungsdaten:*

- Verkauf von Futtermittel bzw. Stroh

#### **4.5.1 Import und Export Pflanzlicher Produkte**

In der Nährstoffbilanzierung ist der Zu- und Verkauf bzw. die Herstellung pflanzlicher Erzeugnisse im Bereich der pflanzenbezogenen Indikatoren einberechnet. Dabei werden sowohl die von den Betrieben zugekauften Futtermittel, als auch das für die Eigenfuttermittelproduktion und das für die Produktion von für den Verkauf bestimmten Marktfrüchten benötigte Saatgut berücksichtigt. Weiters werden auch die im Zuge der ackerbaulichen Produktion anfallenden Importe von N- und P Düngemittel in die Bilanzierung miteinbezogen.

Bei jenen Projektbetrieben, bei welchen die Futtermittelzusammensetzungen und –mengen nicht genau dokumentiert wurden, wurden von den jeweiligen Betriebsleitern Schätzwerte angegeben. Stein Bachinger et al. (2004) empfehlen, das von den Tieren verworfene Futter zu dokumentieren, da diese Mengen oft unterschätzt werden. Diese werden im gegenwärtigen Projekt jedoch nicht berücksichtigt.

#### 4.5.1.1 Futtermittelzukauf

Die Erfassung der Inputgröße *Futtermittelzukauf* wurde innerhalb der Interviews nicht direkt abgedeckt. Aus diesem Grund wird der Verbrauch anhand der vorhandenen Größen Futtermittelverbrauch pro Tier und Tag, Anzahl Tiere der jeweiligen Tierkategorie (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) am Betrieb und der jeweiligen Rationszusammensetzung ermittelt.

Dabei wird berücksichtigt, in welchem Ausmaß Eigenfuttermittel zu Verfügung stehen. Stroh als Einstreu- und Beschäftigungsmaterial wird im Bilanzierungsmodell ebenso als Futtermittel behandelt.

Folgende Formeln werden zur Erfassung des Futtermittelzukaufs verwendet:

**Futtermittelverbrauch je laktierender Sau/Jahr (kg) =**

$SD(d) * \text{durchschn. Anzahl Würfe/Sau/a} * \text{tägl. FV/lakt. Sau/d (kg)}$

**Futtermittelverbrauch je tragender Sau/Jahr (kg) =**

$(365 - (SD(d) * \text{durchschn. Anzahl Würfe/Sau/a})) * \text{tägl. FV/trag. Sau/d (kg)}$

**Aufzuchtdauer in Tage (d) =**

Dauer von Zeitpunkt des Absetzens bis zu Beginn der Mast (d)

**Mastdauer in Tage (d) =**

$\text{Alter zum Zeitpunkt der Schlachtung(d)} - AD(d) - SD(d)$

**Futtermittelverbrauch je Aufzuchtferkel Ration 1/Jahr=**

$\text{Anteil MT (d)} * \text{tägl. FV Aufzuchtferkel 1(kg)}$

**Futtermittelverbrauch je Aufzuchtferkel Ration 2/Jahr =**

$\text{Anteil MT (d)} * \text{tägl. FV Aufzuchtferkel 2(kg)}$

**Futtermittelverbrauch je Mastschwein Ration 1/ Jahr =**

$(\text{Anteil an MD in Tage(d)} * \text{tägl. FV/Mastschwein Ration1/a (kg)})$

**Futtermittelverbrauch je Mastschwein Ration 2/Jahr =**

$(\text{Anteil an MD in Tage(d)} * \text{tägl. FV/Mastschwein Ration2/a (kg)})$

**Futtermittelverbrauch je Mastschwein Ration 3/Jahr =**  $(\text{Anteil an MD in}$

$\text{Tage(d)} * \text{tägl. FV /Mastschwein Ration3/a (kg)})$

a ..... Jahr

AD ..... Aufzuchtdauer

SD ..... Säugedauer

d ..... Anzahl Tage

FV ..... Futtermittelverbrauch

lakt. .... laktierend

trag. .... tragend

Die Anzahl der Rationen im Bereich Aufzucht bzw. Mast ist betriebsspezifisch und reicht von 1-Phasenfütterungssystemen bis zu 3-Phasenfütterungen je Produktionsstufe.

Anhand dieser Formeln leitet sich für die Berechnung des gesamten Futtermittelzukaufes folgende Formel ab:

$$\text{FM}_{\text{ges}} \text{ (kg/a)} = \text{FV}_{\text{laktierend}} * \text{n}_{\text{laktierend}} * \text{AFM}_{\text{a}} + \text{FV}_{\text{tragend}} * \text{n}_{\text{tragend}} * \text{AFM}_{\text{b}} + \text{FV}_{\text{aufzucht1}} * \text{n}_{\text{aufzucht1}} * \text{AFM}_{\text{c}} + \text{FV}_{\text{aufzucht2}} * \text{n}_{\text{aufzucht2}} * \text{AFM}_{\text{d}} + \text{FV}_{\text{mast1}} * \text{n}_{\text{mast1}} * \text{AFM}_{\text{e}} + \text{FV}_{\text{mast2}} * \text{n}_{\text{mast2}} * \text{AFM}_{\text{f}} + \text{FV}_{\text{mast3}} * \text{n}_{\text{mast3}} * \text{AFM}_{\text{g}}$$

FM<sub>ges</sub>..... Gesamtverbrauch des jeweiligen zugekauften Futtermittels pro Jahr (kg/a)

FV ..... Futterverbrauch (kg/Tier/Jahr) der jeweiligen Ration (laktierende Sauen, tragende Sauen, Aufzuchtferkel 1, Aufzuchtferkel 2, Mast 1, Mast 2, Mast 3)

n ..... Anzahl Tiere der jeweiligen Tierkategorie

AFM<sub>a</sub>, AFM<sub>b</sub>, AFM<sub>n</sub>. Anteil (%) des jeweiligen Futtermittels an der Gesamtration

Die N- und P- Gehalte der einzelnen Futtermittel werden zum Großteil aus der Tabelle von Priller (s.a.) sowie aus der DLG-Futterwerttabelle für Schweine (1991) entnommen. Weiters werden N- und P- Gehalte spezieller Marktfrüchte und Futtermittel aus der food nutrition table (2014) ermittelt. Der N- Gehalt am Rohprotein wird nach der Methode von Kjeldahl mit 16% angenommen. Um vom Rohproteingehalt (XP) zu Reinstickstoff (N) zu gelangen, wird der XP- Gehalt des Futtermittels bzw. der Marktfrucht durch den Faktor 6,25 dividiert.

#### **4.5.1.2 Saatgutzukauf**

Die Menge des auf den jeweiligen Betrieben für die Erzeugung pflanzlicher Produkte benötigten Saatgutes wurde im Rahmen der Datenerhebung nicht erfasst. Demzufolge werden die für die Bilanzierung notwendigen Werte anhand der Stickstoff- und Phosphorgehalte der jeweilig angebauten Kulturarten (unter Berücksichtigung der jeweiligen Anbauflächen in ha) näherungsweise geschätzt. Hierbei wird angenommen, dass die Stickstoff- und Phosphorkonzentration des Saatgutes jenem der Marktfrucht bzw. des Futtermittels entspricht. Die Aussaatstärke wird facheinschlägiger Literatur entnommen (Landkalender, 2013).

Folgende Formeln ergeben sich somit für die Berechnung des Saatgutzukaufes:

$$\mathbf{N_{saatzKx} \text{ (kg/a)} = (AF_x * GAM_x) * (XP_x/6,25)}$$

$$\mathbf{P_{saatzKx} \text{ (kg/a)} = (AF_x * GAM_x) * P_x}$$

|                        |                                                                                                            |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NsaatzKx .....         | Menge an N, die über den Saatgutzukauf einer bestimmten Kulturart x auf den Betrieb importiert wird (kg/a) |
| PsaatzKx .....         | Menge an P, die über den Saatgutzukauf einer bestimmten Kulturart x auf den Betrieb importiert wird (kg/a) |
| AF <sub>x</sub> .....  | Anbaufläche der jeweiligen Kulturart x in Hektar (ha)                                                      |
| GAM <sub>x</sub> ..... | Gesamtaussaatmenge der jeweiligen Kulturart x in kg pro Hektar (kg/ha)                                     |
| XP <sub>x</sub> .....  | Rohproteingehalt in Prozent (%) der Frischmasse des Saatgutes der jeweiligen Kulturart x                   |
| P <sub>x</sub> .....   | Gehalt an Phosphor in Prozent (%) der Frischmasse des Saatgutes der jeweiligen Kulturart x                 |

#### ***4.5.1.3 Verkauf von pflanzlichen Erzeugnissen***

Neben der Erzeugung von Futtermittel für den Eigengebrauch wurden von einem Teil der Projektbetriebe auch pflanzliche Erzeugnisse produziert, die für den Verkauf bestimmt waren und somit einen Nährstoffexport in der Bilanzierung darstellen.

Dieser Nährstoffexport kann folgendermaßen berechnet werden:

$$\mathbf{N_{kulturVKx} \text{ (kg/a)} = VM_x * (XP_x/6,25)}$$

$$\mathbf{P_{kulturVKx} \text{ (kg/a)} = VM_x * P_x}$$

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NkulturVKx .....      | Menge an N, die über den Verkauf einer bestimmten Kulturart x vom Betrieb exportiert wird (kg/a) |
| PkulturVKx .....      | Menge an P, die über den Verkauf einer bestimmten Kulturart x vom Betrieb exportiert wird (kg/a) |
| XP <sub>x</sub> ..... | Rohproteingehalt in Prozent (%) der Frischmasse der jeweiligen verkauften Kulturart x            |
| P <sub>x</sub> .....  | Gehalt an Phosphor in Prozent (%) der Frischmasse der jeweiligen verkauften Kulturart x          |

#### 4.5.2 Zu- und Verkauf von Tieren

Jene Mengen an N und P, die über den Zu- und Verkauf von Tieren im Bezugszeitraum in die Bilanzierung mit einfließen, werden über die Parameter *Lebendmasse* und *Anzahl Tiere* erfasst. Da das Lebendgewicht der schlachtreifen Schweine in den meisten Fällen nicht bekannt war, wird dieses mit Hilfe des vom Schlachthof angegebenen Schlachtkörpergewichtes ermittelt. Unter Schlachtkörpergewicht versteht man das Warmgewicht des geschlachteten und ausgeweideten Tieres. Als realistische Schlachtausbeute bei Zuchtsauen und Mastschweinen wird ein Prozentsatz von 75% des Lebendgewichtes angenommen (Agrarmarkt Austria, 2012). Mit diesem Wert wird auf das Lebendgewicht hochgerechnet.

##### 4.5.2.1 Aufzuchtferkel

Bei reinen Mastbetrieben, die Ferkel von anderen Betrieben zukaufen, ergibt sich ein N- bzw. P-Import in der Nährstoffbilanzierung. Dabei wird angenommen, dass die zugekauften Aufzuchtferkel ein Gewicht von durchschnittlich 30kg aufweisen. Nach Stein- Bachinger et al. (2004) weicht der N-Gehalt im Gewebe von Ferkeln deutlich von jenem N-Gehalt der Zuchtsauen und Mastschweine ab. Dies ist auf die unterschiedliche Zusammensetzung des Fett-Magerfleischanteils zurückzuführen. Der N-Gehalt im Ferkelkörper wird deshalb mit 3,2% angenommen.

Unter Berücksichtigung der Anzahl zugekaufter Tiere und deren Lebendmasse ergibt sich daraus folgende Formel:

$$\mathbf{NferkelZK \text{ (kg/a)} = nferkel * LMferkel * 3,2\%}$$

$$\mathbf{PferkelZK \text{ (kg/a)} = nferkel * LMferkel * 0,53\%}$$

Umgekehrt ergibt sich für den Verkauf von Ferkeln dieselbe Formel für die Exportseite der Bilanz:

$$\mathbf{NferkelVK \text{ (kg/a)} = nferkel * LMferkel * 3,2\%}$$

$$\mathbf{PferkelVK \text{ (kg/a)} = nferkel * LMferkel * 0,53\%}$$

NferkelZK..... Menge an N, die über den Zukauf von Ferkel auf den Betrieb importiert wird (kg/a)

PferkelZK..... Menge an P, die über den Zukauf von Ferkel auf den Betrieb importiert wird (kg/a)

NferkelVK..... Menge an N, die über den Verkauf von Ferkel vom Betrieb exportiert wird (kg/a)

PferkelVK..... Menge an P, die über den Verkauf von Ferkel vom Betrieb exportiert wird (kg/a)

nferkel ..... Anzahl Ferkel, die vom Betrieb zugekauft bzw. verkauft werden  
 LMferkel ..... durchschnittliche Lebendmasse der Ferkel, die vom Betrieb  
 zugekauft bzw. verkauft werden (kg)

#### **4.5.2.2 Mastschweine**

Durch die am Betrieb verkauften schlachtreifen Schweine ergibt sich ein N- bzw. P-Austrag auf der Output-Seite der Bilanz. Da das Lebendgewicht der schlachtreifen Schweine in den meisten Fällen nicht bekannt war, wird dieses mit Hilfe des vom Schlachthof angegebenen Schlachtkörpergewichtes ermittelt. Als Schlachtausbeute wird ein Prozentsatz von 75% angenommen (siehe 4.5.2). Mit diesem Wert wird auf das Lebendgewicht hochgerechnet:

$$\mathbf{LG\ (kg) = SKG / 0,75}$$

LG ..... Lebendgewicht in (kg)  
 SKG ..... Schlachtkörpergewicht (kg)

Die Berechnung erfolgt folgendermaßen:

$$\mathbf{NmsVK\ (kg/a) = Nms * LMferkel * 3,2\%}$$

$$\mathbf{PmsVK\ (kg/a) = Pms * LMferkel * 0,53\%}$$

#### **4.5.2.3 Altsauen**

Da keine Informationen bezüglich der Herkunft der Jungsauen zur Verfügung standen, wird davon ausgegangen, dass die gesamte Remontierung aus dem eigenen Bestand erfolgt. Dies bedeutet, dass keine Jungsauen zugekauft werden. Auch hier muss vom angegebenen Schlachtkörpergewicht bei einer Ausschachtung von 75 % auf das Lebendgewicht hochgerechnet werden.

Für den N-Anteil an der Lebendmasse wird nach Stein-Bachinger et al. (2004) ein Wert von 2,56% angenommen.

Aus dem Abgang von Altsauen ergibt sich daraus folgende Formel für den N-Export:

$$\mathbf{Naltsauen\ (kg) = nsauen * R * LMaltsau * 2,56\%}$$

Der P-Anteil an der Lebendmasse wird nach Dourmad et al. (2012) mit 0,53% angegeben.

Analog zur Formel für den N-Export ergibt sich daraus folgende Formel für den Export an P:

$$\text{Paltsauen (kg)} = n_{\text{sauen}} * R * L_{\text{Maltsau}} * 0,53\%$$

$N_{\text{altsauen}}$  (kg) .. Menge an N, die durch den Abgang von Altsauen vom Betrieb exportiert wird (kg/a)

$P_{\text{altsauen}}$  (kg) .. Menge an P, die durch den Abgang von Altsauen vom Betrieb exportiert wird (kg/a)

$n_{\text{sauen}}$ ..... Anzahl der Sauen am Betrieb

$R$  ..... Remontierungsrate in %

$L_{\text{Maltsau}}$  ..... durchschnittliche Lebendmasse der Sauen bei der Schlachtung (kg)

#### 4.5.3 Symbiotische Stickstofffixierung

Da die symbiotische N-Fixierung eine der wichtigsten Stickstoffquellen im ökologischen Landbau darstellt, ist die möglichst genaue Erfassung dieser Inputgröße von hoher Bedeutung. In der vorliegenden Arbeit wird die Fixierungsleistung der Leguminosen anhand der Parameter *Leguminosenart*, *Anbaufläche* und *Hektarertrag* der jeweiligen Kulturart berücksichtigt. Für nicht dokumentierte bzw. noch nicht geerntete Erträge im Bilanzierungszeitraum wurden diese von den jeweiligen Betriebsleitern anhand der betriebstypischen Erträge der vorangegangenen Jahre geschätzt.

Als N-Fixierungsleistung der häufigsten Ackerleguminosen geben Stein-Bachinger et al. (2004) in Tabelle 6 folgende Mengen an:

Tabelle 6: N-Fixierungsleistungen der häufigsten Ackerleguminosen (nach Stein-Bachinger et al., 2004)

| Leguminosenart    | Fixierungsleistung<br>(in kg N/t Ertrag) |
|-------------------|------------------------------------------|
| Ackerbohne        | 37                                       |
| Erbse             | 35                                       |
| Lupine            | 35                                       |
| Futterleguminosen | 35                                       |

Bei Futterleguminosen wird von einem Ertrag in t Trockenmasse, bei Körnerleguminosen von einem Ertrag in t Frischmasse ausgegangen.

Die Höhe der N-Fixierungsleistung im Grünland wird in der vorliegenden Arbeit aufgrund unzureichender Datenaufnahme nicht berücksichtigt. (Es wurden in den meisten Fällen keine Informationen zu den Leguminosenanteilen im Grünland erhoben)

Folgende Formeln ergeben sich für die Berechnung der N-Fixierungsleistung von Leguminosen:

Körnerleguminosen:

$$\mathbf{NKL_x \text{ (kg)} = AF_x * E_x * TM\%_x * FixKL_x}$$

Futterleguminosen:

$$\mathbf{NFL_x \text{ (kg)} = AF_x * E_x * FixFL_x}$$

|                          |                                                                                                                            |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NKL <sub>x</sub> .....   | Menge an N, die durch die Fixierungsleistung einer bestimmten Körnerleguminosenart x in den Betrieb importiert wird (kg N) |
| NFL <sub>x</sub> .....   | Menge an N, die durch die Fixierungsleistung einer bestimmten Futterleguminosenart x in den Betrieb importiert wird (kg N) |
| AF <sub>x</sub> .....    | Anbaufläche der jeweiligen Kulturart x in Hektar (ha)                                                                      |
| E <sub>x</sub> .....     | Ertrag der jeweiligen Kulturart x in Tonnen Frischmasse pro Hektar (t FM/ha)                                               |
| TM% <sub>x</sub> .....   | Anteil Trockenmasse der jeweiligen Kulturart x in %                                                                        |
| FixKL <sub>x</sub> ..... | N-Fixierungsleistung in kg Stickstoff der jeweiligen Körnerleguminosenart x                                                |
| FixFL <sub>x</sub> ..... | N-Fixierungsleistung in kg Stickstoff der jeweiligen Futterleguminosenart x                                                |

#### 4.5.4 Denitrifikation, asymbiotische N-Bindung und Immission

Auf Grundlage von Stein-Bachinger et al. (2004) kann für die Denitrifikation nur eine grobe Abschätzung erfolgen, da sie aufgrund der vielen Einflussfaktoren nur schwer quantifizierbar ist. Die Höhe der asymbiotischen N-Bindung ist vom Landwirt nicht beeinflussbar und mengenmäßig vergleichsweise gering einzuschätzen. Stein-Bachinger et al. (2004) bezeichnen den Nährstoffeintrag bzw. die Nährstoffablagerungen aus der Atmosphäre in den Boden, auf die Vegetation oder die Gewässer als Immission, zu der es keine flächendeckenden Messwerte bzw. Untersuchungen gibt. Auch hier wird der Einfluss auf die Bilanz als relativ gering eingestuft. Somit werden die Bilanzglieder Denitrifikation, Immission und asymbiotische Stickstofffixierung gleichgesetzt und im vorliegenden Bilanzierungsmodell nicht berücksichtigt.

#### **4.5.5 Stall-Lagerungs- und Ausbringungsverluste**

Sowohl die Haltung der Tiere im Stall, als auch die Lagerung von Wirtschaftsdüngern und dessen Ausbringung haben maßgeblichen Einfluss auf die Nährstoffbilanzierung. Die dadurch auftretenden N-Nährstoffverluste entstehen in Form von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ , welche durch Verflüchtigung, Auswaschung und Abschwemmung die Defizitseite der Bilanz beeinflussen (Williams et al., 2000). Die Ermittlung dieser Verlustgrößen wurde für alle Referenzbetriebe bereits von Brandhofer (2014) durchgeführt. Dabei wurde nach dem Schema von Rigolot (2010) vorgegangen, der davon ausgeht, dass die über Kot und Harn ausgeschiedenen Mengen an N den Ausgangspunkt für die Berechnung der auftretenden Emissionen liefern. Im Modell von Rigolot nicht berücksichtigt werden jene Verlustmengen an P, die durch Wirtschaftsdüngerlagerung und –behandlung entstehen. Diese in Form von  $\text{PO}_4$ -Abschwemmungen auftretenden Verluste treten nur in sehr geringem Maße auf und haben somit einen nicht nennenswerten Einfluss auf die Bilanz.

#### **4.5.6 N- und P-Verluste im Rahmen der Freilandhaltung**

Nach Brandhofer (2014) und Williams et al. (2000) beeinflussen zahlreiche Faktoren wie Besatzdichte, Vegetationsdeckungsgrad, Bestoßungsdauer, Bodenart, Klima usw. das Ausmaß an Nährstoffverlusten im Rahmen der Freilandhaltung. Da diese Einflussgrößen im Zuge der Datenerhebung nicht erfasst wurden, wird die von Brandhofer (2014) erstellten Regressionsgleichungen (verändert nach Williams et al., 2000) zur Berechnung der Freilandverluste in diese Arbeit übernommen. Dabei wird dem Faktor *Besatzdichte* die größte Bedeutung zugeordnet. Für die Berechnung der Freilandverluste wird je tragender Sau eine LM von 280kg angenommen, bei laktierenden Sauen wird eine LM von 250kg pro Sau unterstellt. Das Lebendgewicht je Aufzuchtferkel und Mastschwein wurde im Rahmen der Betriebsbesuche direkt anhand von Schätzungen erhoben.

##### **4.5.6.1 N-Verluste**

Laut einer Studie von Salomon et al. (2007) korreliert die Besatzdichte mit der Ausscheidungsmenge an Kot und Harn. Je höher die Besatzdichte ist, umso höher ist der Nährstoffeintrag in den Boden. Weiters hat der Faktor Besatzdichte auch Einfluss auf den Zustand der Grasnarbe. Williams et al. (2000) geben an, dass hohe Besatzdichten zu geringerem Vegetationsdeckungsgrad führen, da eine höhere Anzahl an Tieren vermehrte Bodenbeanspruchung mit sich bringt. Hierdurch wird der Nährstoffeintrag in Form von  $\text{NO}_3\text{-N}$  begünstigt. Außerdem stellt auch die Bestoßungsdauer einen wichtigen Einflussfaktor in Bezug auf die Höhe der N-Verluste dar. Brandhofer (2014), Williams et al. (2000), sowie Eriksen (2001) gehen von einem linearen Zusammenhang zwischen Besatzdichte und N-Verlusten im Freiland aus.

Um diesen Zusammenhang darstellen zu können, werden folgende Formeln für den Nährstoffverlust in Form von N in die Bilanzierung miteinbezogen:

Liegt die Dauer der Bestoßung unter 12 Monate, wird folgende Regressionsgleichung angewendet:

$$N_{\text{verlustFL}} \text{ (kg/ha/a)} = 0,0177 \cdot B + 99,21$$

Liegt die Dauer der Bestoßung über einem Jahr, findet diese Formel Anwendung:

$$N_{\text{verlustFL}} \text{ (kg/ha/a)} = 0,0154 \cdot B + 40,378$$

$N_{\text{verlustFL}}$ : ..... Menge an N, die durch Auswaschung, Abschwemmung und Ausgasung in Form von  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}_2$  in der Freilandhaltung verloren geht (kg/ha/a)

B ..... Besatzdichte (kg/ha)

Abbildung 1 zeigt die grafische Darstellung des linearen Zusammenhanges zwischen Besatzdichte und N-Verlusten im Freiland.

Für die Abschätzung der potenziellen N-Verluste im Freiland werden diese anhand der in Abbildung 1 dargestellten Regressionsgleichungen interpoliert bzw. extrapoliert (Brandhofer, 2014).

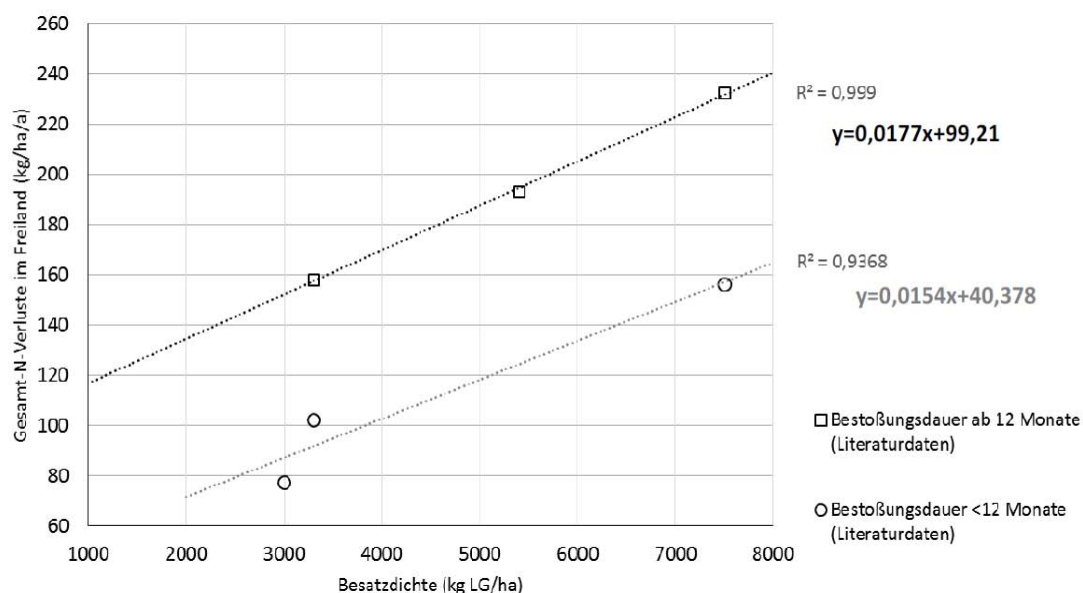


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Besatzdichte und N-Verlusten im Freiland (Brandhofer 2014, verändert nach Williams et al. (2002), Eriksen (2001), Basset-Mens et al. (2007))

#### 4.5.6.2 P-Verluste

Bei den P-Verlusten wird jene Formel verwendet, die in der Studie von Basset-Mens et al. (2007) adaptiert wurde. Dabei werden die potentiellen P-Verlustmengen für die einzelnen Outdoor-Szenarien (abhängig von Besatzdichte, Fläche, Bestoßungsdauer) hochgerechnet, indem ein konstantes Verhältnis zwischen P-Verlustmenge und Besatzdichte pro Hektar unterstellt wird. Folgende Formel fließt dadurch in die Bilanzierung mit ein:

$$\text{PverlustFL (kg/ha/a)} = B * 1,0909 * 10^{-4}$$

PverlustFL..... hypothetische P-Verluste, die in Form von PO<sub>4</sub> in der Freilandhaltung verloren geht (kg/ha/a)

B ..... Besatzdichte (kg LM/ha)

### 4.6 Statistische Methoden

#### 4.6.1 Allgemeine statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgt unter Einbezug der von Brandhofer (2014) berechneten Nährstoffbilanzen der österreichischen Projektbetriebe. Bei Betrieb AT012 wird der fehlende Wert im Bereich Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste adaptiert und die Bilanz korrigiert. Zu Beginn der statistischen Auswertung (SAS 9.2) werden die N- bzw. P-Bilanzergebnisse über alle Systeme hinweg auf ihre Normalverteilung getestet. Das Signifikanzniveau  $\alpha$  wird über die gesamte statistische Auswertung hinweg mit 0,05 festgelegt. Nachfolgend wird mit Hilfe des Testes nach Kruskal und Wallis ermittelt, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Haltungssystemen bezüglich ihrer N- und P-Bilanzergebnisse gibt. Im Falle signifikanter Unterschiede wird der paarweise Vergleich von Wilcoxon angewendet.

#### 4.6.2 Clusteranalyse

Im Anschluss erfolgt eine Clusterung der Betriebe, um eventuelle Ähnlichkeiten von Betrieben durch gemeinsame Repräsentanten sichtbar machen zu können. Dabei wird die Methode der hierarchischen Clusterung (Average Linkage) angewendet, welche sich dadurch auszeichnet, dass von einem existierenden Cluster als Startpunkt ausgegangen wird. Die Clusterung erfolgt nach den N- und P-Saldi. Die Daten werden eingangs überprüft, ob ihre N- und P-Saldi miteinander korrelieren. Wenn keine Korrelation vorliegt, kann mit der Clusterung begonnen werden. Schrittweise spaltet der Algorithmus die Daten in immer feinere Untergruppen auf, bis ein gewünschter Grenzwert an Heterogenität zwischen den Clustern erreicht ist. Bei der Durchführung der Clusterung werden jene Betriebe ausgeschlossen, die zuvor als Ausreißer definiert

wurden. Da die N- und P-Saldi unterschiedliche Einheiten aufweisen, werden sie zuerst nach ihrem Mittelwert standardisiert.

## **5 Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse der einzelnen Betriebe werden anonymisiert nach Haltungssystem in aufsteigender Reihenfolge dargestellt.

### **5.1 Beschreibung der Stickstoffbilanzen je Haltungssystem**

Bei der Betrachtung der Stickstoff-Bilanzergebnisse muss durchgehend berücksichtigt werden, dass im Zuge der Datenerhebung der Verkauf von Düngemitteln nicht ermittelt wurde. Bei einigen Betrieben konnte zwar erhoben werden, ob Düngemittelverkauf stattfand, allerdings wurden keine Angaben zu den Mengen gemacht. Anhand nachfolgender Graphiken werden die Bilanzergebnisse der einzelnen Haltungssysteme dargestellt und beschrieben.

### 5.1.1 N-Bilanzierung Indoor

Anhand von Abbildung 2 wird ein Überblick über den N-Import,- Export bzw. Saldo je Einzelbetrieb des Haltungssystemes „Indoor“ gegeben:

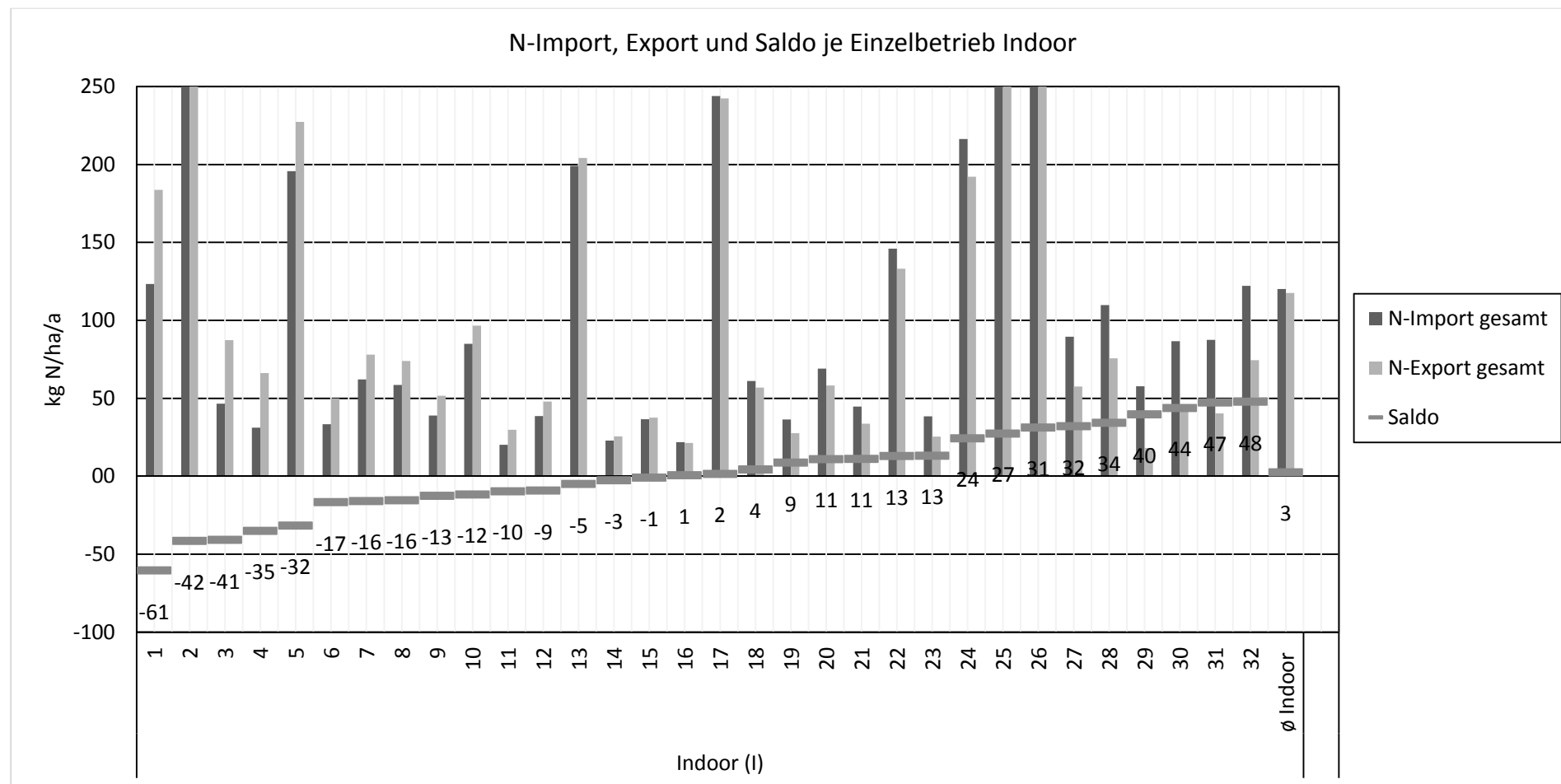


Abbildung 2: N-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Indoor (n=32)

Der durchschnittliche N-Saldo der Indoor Betriebe liegt bei +2,5 kg/ha/a ( $\sigma=27,49$ ). 31 der insgesamt 32 Indoor-Betriebe liegen mit ihrer N-Bilanz innerhalb des von Freyer und Percin (1996) vorgegebenen Grenzbereiches von  $\pm 50$  kg N/ha/a. Lediglich ein Betrieb befindet sich mit einem N-Saldo von -60,5 kg N/ha/a außerhalb dieses Idealbereiches. Dies ist auf den hohen Tierexport bzw. auf die hohen Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste zurückzuführen. Nachfolgende Tabelle 7 gibt eine Übersicht über jene Faktoren, die einen Stickstoffimport bzw. -export bei den Indoor Betrieben verursachen. Über alle Betriebe hinweg stellt hier der *Futtermittelzukauf* mit einem durchschnittlichen Importanteil von 67,4 % den größten N-Inputfaktor dar. Weiters spielt die *symbiontische Stickstofffixierung* durch den Anbau von Leguminosen mit einem durchschnittlichen Anteil von 26,3 % eine wichtige Rolle im Bereich der Nährstoffzufuhr. Im Bereich der Nährstoffabfuhr hingegen haben die Faktoren *N-Export über den Tierversauf*, *N-Export über den Verkauf von Marktfrüchten* sowie die *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste* mit jeweils 33,3 % den exakt selben Stellenwert.

Tabelle 7: N-Einflussfaktoren der Indoor-Betriebe 1-18

| Betrieb                                  | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           | 11          | 12          | 13           | 14          | 15          | 16          | 17           | 18          |
|------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| <b>Einflussfaktor (kg N/ha/a)</b>        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |             |             |              |             |             |             |              |             |
| N-Import über Tierzukauf                 | 17.6         | 45.3         | 0.0          | 0.7          | 30.6         | 0.0          | 0.8          | 2.6          | 0.0          | 8.8          | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0         | 3.4         | 0.0         | 0.0          | 1.2         |
| N-Import über FM <sup>1</sup> +Stroh     | 104.7        | 415.4        | 35.3         | 16.5         | 117.9        | 19.7         | 42.3         | 3.5          | 23.2         | 33.6         | 14.3        | 23.3        | 114.3        | 22.9        | 11.0        | 12.4        | 225.6        | 45.2        |
| N-Import Saatgutzukauf                   | 1.0          | 3.3          | 2.9          | 2.6          | 2.0          | 2.2          | 5.5          | 3.9          | 3.3          | 3.9          | 1.7         | 1.9         | 3.9          | 0.0         | 3.3         | 4.2         | 4.2          | 3.1         |
| symbiontische N-Fixierung                | 0.0          | 0.0          | 8.2          | 11.5         | 45.2         | 11.4         | 13.5         | 48.5         | 12.4         | 38.6         | 4.2         | 13.5        | 81.0         | 0.0         | 18.9        | 5.3         | 14.1         | 11.7        |
| <b>N-Import gesamt</b>                   | <b>123.3</b> | <b>464.0</b> | <b>46.5</b>  | <b>31.2</b>  | <b>195.7</b> | <b>33.3</b>  | <b>62.1</b>  | <b>58.5</b>  | <b>38.9</b>  | <b>84.9</b>  | <b>20.2</b> | <b>38.7</b> | <b>199.2</b> | <b>22.9</b> | <b>36.6</b> | <b>21.9</b> | <b>243.9</b> | <b>61.2</b> |
| N-Export über Tierversauf                | 68.8         | 134.9        | 29.7         | 26.6         | 101.6        | 24.7         | 32.2         | 9.6          | 44.6         | 37.0         | 14.1        | 32.2        | 113.1        | 10.9        | 17.3        | 12.9        | 79.9         | 15.5        |
| N-Export über Verkauf von Marktfrüchten  | 16.5         | 148.8        | 38.2         | 34.8         | 44.2         | 12.6         | 20.6         | 57.0         | 4.1          | 37.6         | 9.2         | 7.7         | 2.9          | 1.3         | 13.1        | 4.3         | 27.3         | 29.1        |
| Stall-, Lagerungs-, Ausbringungsverluste | 98.5         | 221.8        | 19.4         | 4.9          | 81.6         | 12.6         | 25.3         | 7.4          | 2.9          | 22.0         | 6.6         | 8.1         | 88.2         | 13.4        | 7.2         | 4.2         | 135.2        | 12.3        |
| <b>N-Export gesamt</b>                   | <b>183.8</b> | <b>505.5</b> | <b>87.4</b>  | <b>66.3</b>  | <b>227.4</b> | <b>49.9</b>  | <b>78.1</b>  | <b>74.0</b>  | <b>51.6</b>  | <b>96.6</b>  | <b>29.9</b> | <b>48.0</b> | <b>204.2</b> | <b>25.6</b> | <b>37.6</b> | <b>21.4</b> | <b>242.4</b> | <b>56.9</b> |
| <b>Saldo (kg N/ha/a)</b>                 | <b>-60.5</b> | <b>-41.5</b> | <b>-40.9</b> | <b>-35.1</b> | <b>-31.7</b> | <b>-16.6</b> | <b>-16.0</b> | <b>-15.5</b> | <b>-12.7</b> | <b>-11.7</b> | <b>-9.7</b> | <b>-9.3</b> | <b>-5.0</b>  | <b>-2.7</b> | <b>-1.0</b> | <b>0.5</b>  | <b>1.5</b>   | <b>4.3</b>  |

<sup>1</sup> FM...Futtermittel

Tabelle 8: N- Einflussfaktoren der Indoor-Betriebe 19-32

| Betrieb                                       | 19          | 20          | 21          | 22           | 23          | 24           | 25           | 26           | 27          | 28           | 29          | 30          | 31          | 32           | Ø Indoor              |               |
|-----------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------------------|---------------|
| Einflussfaktor                                |             |             |             |              |             |              |              |              |             |              |             |             |             |              | Ø I<br>(kg<br>N/ha/a) | Anteil<br>(%) |
| N-Import über<br>Tierzukauf                   | 0.0         | 5.1         | 0.0         | 0.0          | 0.0         | 0.0          | 25.6         | 0.0          | 0.0         | 1.0          | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 5.4          | 4.6                   | 3.9%          |
| N-Import über<br>FM+Stroh                     | 15.5        | 16.1        | 25.5        | 35.1         | 17.1        | 196.6        | 286.2        | 357.7        | 30.9        | 78.5         | 49.7        | 35.0        | 51.9        | 112.3        | 80.9                  | 67.4%         |
| N-Import<br>Saatgutzukauf                     | 6.2         | 2.4         | 0.5         | 1.7          | 4.8         | 4.0          | 5.4          | 1.8          | 2.5         | 2.0          | 2.4         | 2.4         | 2.8         | 1.4          | 2.9                   | 2.4%          |
| symbiontische N-<br>Fixierung                 | 14.7        | 45.5        | 18.7        | 109.3        | 16.6        | 15.8         | 278.1        | 0.0          | 56.1        | 28.4         | 5.7         | 49.2        | 32.8        | 3.1          | 31.6                  | 26.3%         |
| <b>N-Import gesamt</b>                        | <b>36.4</b> | <b>69.1</b> | <b>44.7</b> | <b>146.1</b> | <b>38.5</b> | <b>216.4</b> | <b>595.3</b> | <b>359.5</b> | <b>89.5</b> | <b>109.9</b> | <b>57.8</b> | <b>86.6</b> | <b>87.5</b> | <b>122.2</b> | <b>120.1</b>          |               |
| N-Export über<br>Tierversauf                  | 15.4        | 20.2        | 6.7         | 11.1         | 11.8        | 17.8         | 138.0        | 97.2         | 24.8        | 42.9         | 12.6        | 15.2        | 18.0        | 19.4         | 39.3                  | 33.4%         |
| N-Export über<br>Verkauf von<br>Marktfrüchten | 6.9         | 24.2        | 20.6        | 113.1        | 7.5         | 0.0          | 372.5        | 161.1        | 8.5         | 0.0          | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 30.4         | 39.2                  | 33.3%         |
| Stall-, Lagerungs-,<br>Ausbringungsverluste   | 5.4         | 13.8        | 6.4         | 8.9          | 6.1         | 174.4        | 57.5         | 70.1         | 24.2        | 32.8         | 5.6         | 27.7        | 22.3        | 24.6         | 39.1                  | 33.3%         |
| <b>N-Export gesamt</b>                        | <b>27.7</b> | <b>58.2</b> | <b>33.7</b> | <b>133.1</b> | <b>25.4</b> | <b>192.2</b> | <b>568.0</b> | <b>328.4</b> | <b>57.5</b> | <b>75.7</b>  | <b>18.2</b> | <b>42.9</b> | <b>40.3</b> | <b>74.4</b>  | <b>117.6</b>          |               |
| <b>Saldo (kg N/ha/a)</b>                      | <b>8.7</b>  | <b>10.9</b> | <b>11.0</b> | <b>13.0</b>  | <b>13.1</b> | <b>24.2</b>  | <b>27.3</b>  | <b>31.1</b>  | <b>32.0</b> | <b>34.2</b>  | <b>39.6</b> | <b>43.7</b> | <b>47.2</b> | <b>47.8</b>  | <b>2.5</b>            |               |

### 5.1.2 N-Bilanzierung Partly Outdoor

Abbildung 3 stellt den Stickstoffimport, -export und Saldo je Einzelbetrieb des Systems „Partly Outdoor“ dar:

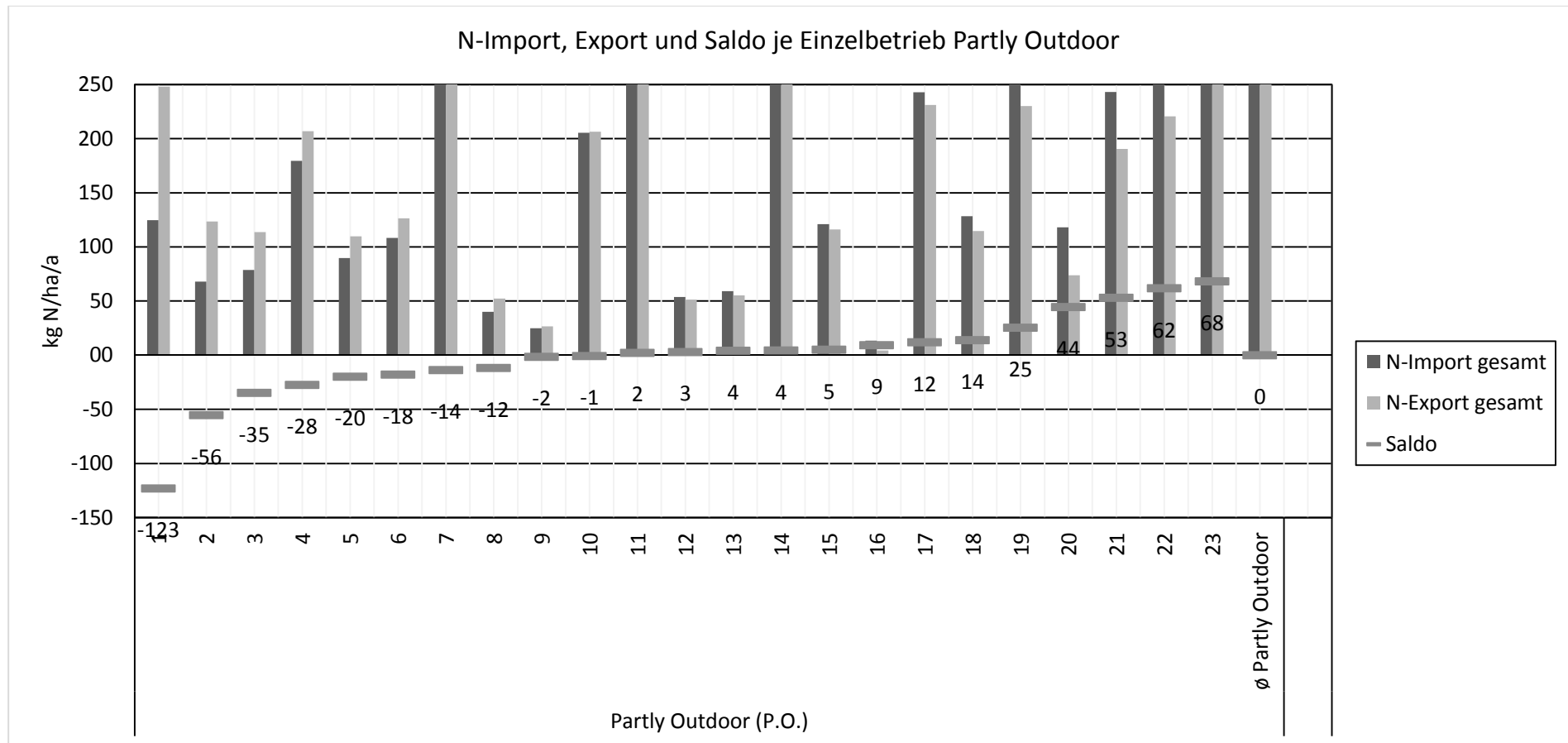


Abbildung 3: N-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Partly Outdoor (n=23)

Der Mittelwert der N-Saldi der Partly Outdoor Betriebe liegt bei -0,2 kg/ha/a ( $\sigma=40,27$ ) und zeigt, dass im Mittel die N-Bilanz über alle Betriebe hinweg sehr ausgeglichen ist. Betrieb 1 bildet aufgrund der sehr hohen Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste einen Ausreißer. Insgesamt liegen fünf der 23 Partly Outdoor Betriebe außerhalb des von Freyer und Percin (1996) erstellten Optimalbereiches des Stickstoffsaldos und weisen somit starke Nährstoffüberschüsse bzw. –defizite auf. Die Überschüsse lassen sich durch hohe Futtermittelimporte erklären, die Defizite sind hauptsächlich auf hohe Tierexporte bzw. Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste zurückzuführen.

Auffällig ist, dass der N-Import über *Futtermittel und Stroh* bei den Partly Outdoor Betrieben einen durchschnittlichen Prozentsatz von 96,6 erreicht, was darauf zurückzuführen ist, dass bei diesen Betrieben kaum eine Nutzung der Flächen für die Erzeugung betriebseigener Futtermittel stattfindet. Den größten Teil auf der Passivseite der Bilanz stellen auch bei den Partly Outdoor Betrieben die *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste* dar. Auch der *N-Export über den Verkauf von Tieren* spielt mit einem Anteil von 33 % eine wichtige Rolle auf der Seite des Nährstoffaustrages aus dem System. Auffällig ist der enorm hohe N-Import über den Futtermittelzukauf bei Betrieb 11 (siehe Tabelle 9). Diese hohe Zahl lässt sich durch sehr hohe Tierzahlen bei gleichzeitig sehr geringer Futtermittelleigenproduktion erklären.

Nachfolgende Tabelle 9 gibt eine Übersicht über jene Faktoren, die einen Nährstoffimport bzw. –export bei den Partly Outdoor Betrieben verursachen:

Tabelle 9: N- Einflussfaktoren der Partly Outdoor-Betriebe 1-13

| Betrieb                                  | 1             | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9           | 10           | 11            | 12          | 13          |
|------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------|
| <b>Einflussfaktor (kg N/ha/a)</b>        |               |              |              |              |              |              |              |              |             |              |               |             |             |
| N-Import über Tierzukauf                 | 0.0           | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0         | 0.0          | 0.0           | 0.0         | 4.0         |
| N-Import über FM+Stroh                   | 122.0         | 57.8         | 54.6         | 113.5        | 87.1         | 108.4        | 247.3        | 23.2         | 11.5        | 172.9        | 2389.9        | 30.7        | 37.4        |
| N-Import Saatgutzukauf                   | 2.7           | 3.8          | 3.2          | 1.7          | 2.7          | 0.0          | 4.9          | 1.4          | 0.3         | 3.0          | 0.0           | 8.5         | 4.2         |
| symbiontische N-Fixierung                | 0.0           | 6.3          | 20.8         | 64.2         | 0.0          | 0.0          | 18.3         | 15.5         | 13.1        | 29.5         | 0.0           | 14.7        | 13.5        |
| <b>N-Import gesamt</b>                   | <b>124.7</b>  | <b>67.9</b>  | <b>78.6</b>  | <b>179.4</b> | <b>89.8</b>  | <b>108.4</b> | <b>270.5</b> | <b>40.1</b>  | <b>24.9</b> | <b>205.4</b> | <b>2389.9</b> | <b>53.9</b> | <b>59.1</b> |
| N-Export über Tierverkauf                | 79.9          | 44.5         | 47           | 32.3         | 47.5         | 48.6         | 93.1         | 10.0         | 5.4         | 57.0         | 825.6         | 32.2        | 16.3        |
| N-Export über Verkauf von Marktfrüchten  | 0.0           | 1.3          | 2.1          | 94.9         | 0.0          | 9.4          | 40.4         | 27.1         | 1.8         | 32.5         | 0.0           | 0.0         | 37.8        |
| Stall-, Lagerungs-, Ausbringungsverluste | 159.9         | 69.6         | 59.0         | 62.3         | 53.0         | 44.2         | 133.5        | 10.4         | 4.0         | 90.9         | 1376.9        | 12.0        | 1.2         |
| Freilandverluste                         | 8.2           | 8.1          | 5.5          | 17.5         | 9.3          | 24.3         | 17.4         | 4.7          | 15.4        | 26.0         | 185.4         | 6.9         | 0.0         |
| <b>N-Export gesamt</b>                   | <b>248.0</b>  | <b>123.5</b> | <b>113.6</b> | <b>207.0</b> | <b>109.8</b> | <b>126.5</b> | <b>284.4</b> | <b>52.2</b>  | <b>26.6</b> | <b>206.4</b> | <b>2387.9</b> | <b>51.1</b> | <b>55.3</b> |
| <b>Saldo (kg N/ha/a)</b>                 | <b>-123.3</b> | <b>-55.6</b> | <b>-35.0</b> | <b>-27.6</b> | <b>-20.0</b> | <b>-18.1</b> | <b>-13.9</b> | <b>-12.1</b> | <b>-1.7</b> | <b>-1.0</b>  | <b>2.0</b>    | <b>2.8</b>  | <b>3.8</b>  |

Tabelle 10: N- Einflussfaktoren der Partly Outdoor-Betriebe 14-23

| Betrieb                                      | 14           | 15           | 16          | 17           | 18           | 19           | 20           | 21           | 22           | 23           | Ø Partly Outdoor         |               |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|---------------|
|                                              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              | Ø P.O.<br>(kg<br>N/ha/a) | Anteil<br>(%) |
| <b>Einflussfaktor (kg N/ha/a)</b>            |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |                          |               |
| N-Import über Tierzukauf                     | 0.0          | 0.0          | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.2                      | 0.1%          |
| N-Import über FM+Stroh                       | 293.9        | 82.7         | 0.0         | 209.2        | 89.5         | 255.4        | 98.8         | 242.0        | 280.8        | 374.7        | 234.1                    | 92.8%         |
| N-Import Saatgutzukauf                       | 2.3          | 2.8          | 0.6         | 2.3          | 5.0          | 0.0          | 0.8          | 1.2          | 1.2          | 1.6          | 2.4                      | 0.9%          |
| symbiontische N-Fixierung                    | 20.4         | 35.6         | 12.7        | 31.3         | 33.8         | 0.0          | 18.4         | 0.0          | 0.0          | 9.3          | 15.5                     | 6.2%          |
| <b>N-Import gesamt</b>                       | <b>316.6</b> | <b>121.1</b> | <b>13.3</b> | <b>242.8</b> | <b>128.3</b> | <b>255.4</b> | <b>118.0</b> | <b>243.2</b> | <b>282.0</b> | <b>385.6</b> | <b>252.1</b>             |               |
|                                              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |                          |               |
| N-Export über Tierverkauf                    | 80.2         | 30.9         | 0.9         | 72.1         | 44.4         | 56.0         | 20.0         | 76.0         | 74.2         | 121.2        | 83.3                     | 33.0%         |
| N-Export über Verkauf von<br>Marktf Früchten | 54.3         | 16.2         | 0.0         | 65.1         | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 16.9         | 25.6         | 13.8         | 19.1                     | 7.6%          |
| Stall-, Lagerungs-, Ausbringungsverluste     | 157.8        | 48.8         | 2.4         | 71.5         | 63.5         | 107.9        | 29.7         | 64.3         | 85.4         | 127.8        | 123.3                    | 48.9%         |
| Freilandverluste                             | 20.2         | 20.3         | 1.1         | 22.4         | 6.8          | 66.3         | 24.1         | 33.3         | 35.3         | 54.9         | -                        | -             |
| <b>N-Export gesamt</b>                       | <b>312.5</b> | <b>116.2</b> | <b>4.4</b>  | <b>231.1</b> | <b>114.7</b> | <b>230.2</b> | <b>73.8</b>  | <b>190.5</b> | <b>220.5</b> | <b>317.7</b> | <b>252.3</b>             |               |
| <b>Saldo (kg N/ha/a)</b>                     | <b>4.1</b>   | <b>4.9</b>   | <b>8.9</b>  | <b>11.7</b>  | <b>13.6</b>  | <b>25.2</b>  | <b>44.2</b>  | <b>52.7</b>  | <b>61.5</b>  | <b>67.9</b>  | <b>-0.2</b>              |               |

### 5.1.3 N-Bilanzierung Outdoor

In Abbildung 4 werden der N- Import, -Export und der Saldo je Einzelbetrieb der Kategorie „Outdoor- Haltung“ dargestellt:

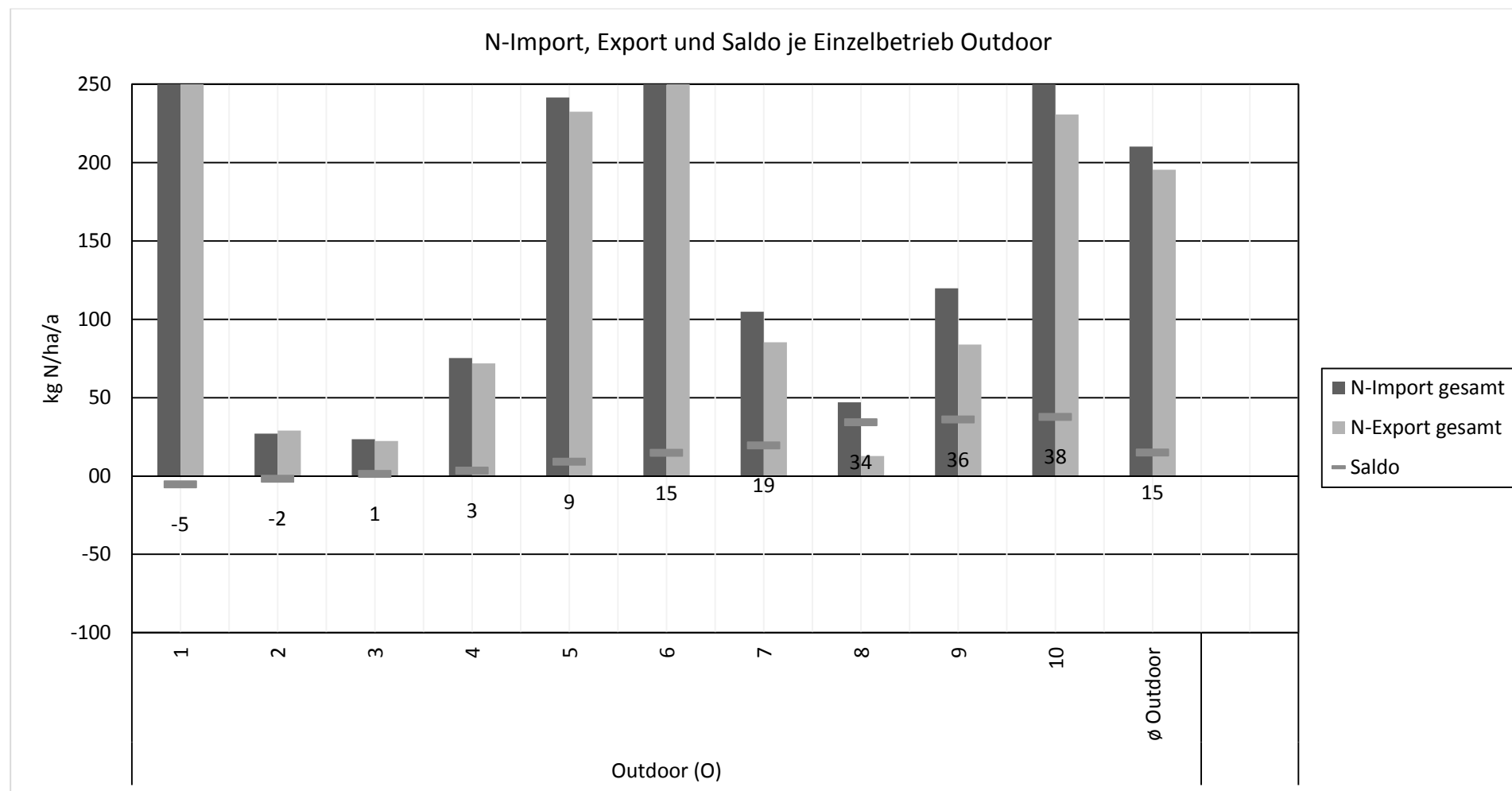


Abbildung 4: N-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Outdoor (n=10)

Die Outdoor-Betriebe weisen durchschnittlich einen N-Saldo von +14,8 kg/ha/a ( $\sigma=16,35$ ) auf. Mit einem Minimumwert von -5kg/ha/a und einem Maximumwert von +38 kg/ha/a liegen alle Betriebe innerhalb des akzeptablen Bereiches. Keiner der Betriebe weist starke Nährstoffüberschüsse bzw. -defizite auf. Mit 97,3 % des gesamten Nährstoffimportes bildet auch hier der *Futtermittelzukauf* den größten N-Inputfaktor. Im Bereich des N-Exportes haben die Faktoren *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste*, mit einem durchschnittlichen Anteil von 45,8 %, sowie *N-Export über den Tierverkauf*, mit einem durchschnittlichen Anteil von 28,4 % den größten Einfluss. Nachfolgende Tabelle 11 gibt eine Übersicht über jene Faktoren, die einen Nährstoffimport bzw. -export bei den Outdoor Betrieben verursachen:

Tabelle 11: N- Einflussfaktoren der Outdoor-Betriebe 1-10

| Betrieb                                    | 1            | 2           | 3           | 4           | 5            | 6            | 7            | 8           | 9            | 10           | Ø Outdoor          |               |
|--------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------------|---------------|
| Einflussfaktor (kg N/ha/a)                 |              |             |             |             |              |              |              |             |              |              | Ø O<br>(kg N/ha/a) | Anteil<br>(%) |
| N-Import über Tierzukauf                   | 0.0          | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0         | 5.3          | 0.0          | 0.5                | 0.3%          |
| N-Import über FM+Stroh                     | 597.7        | 27.1        | 23.5        | 75.2        | 241.5        | 594.2        | 103.8        | 12.0        | 101.7        | 268.3        | 204.5              | 97.3%         |
| N-Import Saatgutzukauf                     | 3.2          | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 1.0          | 1.6         | 0.8          | 0.0          | 0.7                | 0.3%          |
| symbiontische N-Fixierung                  | 0.0          | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 33.4        | 12.0         | 0.0          | 4.5                | 2.2%          |
| <b>N-Import gesamt</b>                     | <b>600.9</b> | <b>27.1</b> | <b>23.5</b> | <b>75.2</b> | <b>241.5</b> | <b>594.2</b> | <b>104.8</b> | <b>47.0</b> | <b>119.8</b> | <b>268.3</b> | <b>210.2</b>       |               |
| N-Export über Tierverkauf                  | 144.8        | 7.7         | 4.8         | 16.9        | 73.7         | 225.0        | 4.3          | 2.2         | 26.3         | 49.5         | 55.5               | 28.4%         |
| N-Export über Verkauf von<br>Marktfrüchten | 0.0          | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0         | 40.5         | 0.0          | 4.1                | 2.1%          |
| Stall-, Lagerungs-, Ausbringungsverluste   | 421.3        | 13.6        | 7.2         | 25.1        | 74.0         | 228.6        | 39.8         | 3.8         | 5.0          | 75.9         | 89.4               | 45.8%         |
| Freilandverluste                           | 40.3         | 7.7         | 10.3        | 29.9        | 84.8         | 125.9        | 41.3         | 6.8         | 12.1         | 105.3        | -                  | -             |
| <b>N-Export gesamt</b>                     | <b>606.4</b> | <b>29.0</b> | <b>22.3</b> | <b>71.9</b> | <b>232.5</b> | <b>579.5</b> | <b>85.4</b>  | <b>12.8</b> | <b>83.9</b>  | <b>230.7</b> | <b>195.4</b>       |               |
| <b>Saldo (kg N/ha/a)</b>                   | <b>-5.5</b>  | <b>-1.9</b> | <b>1.2</b>  | <b>3.3</b>  | <b>9.0</b>   | <b>14.7</b>  | <b>19.4</b>  | <b>34.2</b> | <b>35.9</b>  | <b>37.6</b>  | <b>14.8</b>        |               |

## 5.2 Systembeschreibung Phosphor

Bei der Betrachtung der Phosphor-Bilanzergebnisse muss ebenfalls durchgehend berücksichtigt werden, dass im Zuge der Datenerhebung der Verkauf von Düngemitteln nicht ermittelt wurde, wodurch es zu teilweise stark erhöhten Bilanzergebnissen kommt. Lediglich bei einigen Betrieben konnte ein Düngemittelverkauf erhoben werden, allerdings konnten keine Mengenangaben ermittelt werden.

### 5.2.1 P-Bilanzierung Indoor

Abbildung 5 gibt einen Überblick über den P-Import, -Export bzw. Saldo je Einzelbetrieb des Haltungssystems „Indoor“:

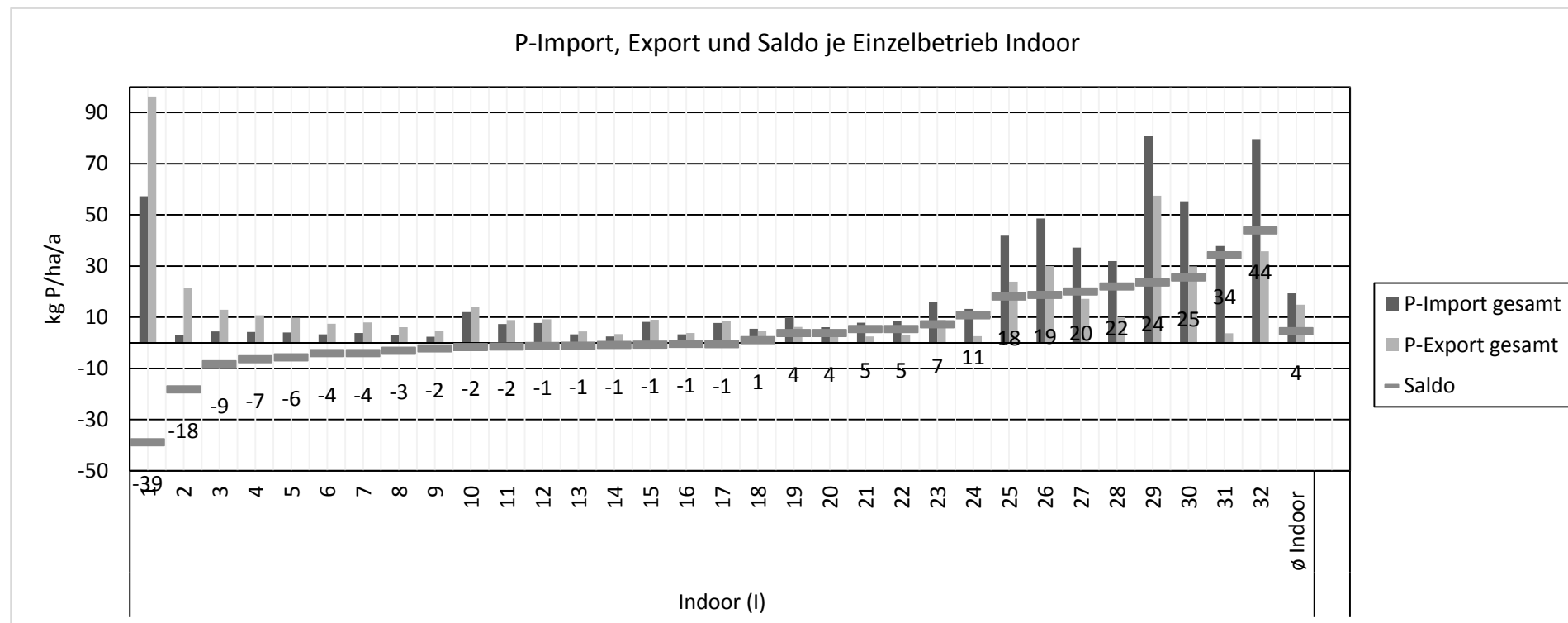


Abbildung 5: P-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Indoor (n=32)

Der Mittelwert der P-Saldi über alle Indoor-Betriebe liegt bei +4,4 kg/ha/a ( $\sigma=15,58$ ) und ist somit noch im Toleranzbereich von  $\pm 14$  kg P/ha/a positioniert. Der Schwankungsbereich der Betriebe liegt zwischen -39 kg P/ha/a und +43,8 kg P/ha/a. Auch hier lassen sich die erhöhten Bilanzen durch das Nichtberücksichtigen der Düngemittelverkäufe erklären. Es ist deutlich erkennbar, dass der Haupteintrag von Phosphor durch den *Zukauf von Futtermitteln* verursacht wird (91,8 %). Den größten P-Outputfaktor bildet der *Export über den Tierverkauf* mit einem durchschnittlichen Anteil von 54,1 % des gesamten Nährstoffaustrages.

Tabelle 12 gibt eine Übersicht über jene Faktoren, die einen P-Nährstoffimport bzw. –export bei den Indoor- Betrieben verursachen:

Tabelle 12: P- Einflussfaktoren der Indoor-Betriebe 1-19

| Betrieb                                 | 1           | 2             | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | 11          | 12          | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18         |
|-----------------------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| <b>Einflussfaktor (kg P/ha/a)</b>       |             |               |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |            |
| P-Import über Tierzukauf                | 5.3         | 0.0           | 0.00        | 0.14        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.77        | 0.00        | 1.8         | 0.10        | 1.1         | 0.0         | 0.0         | 0.2         | 0.0         | 0.5         | 0.0        |
| P-Import über FM+Stroh                  | 51.3        | 2.8           | 4.10        | 2.72        | 3.48        | 2.96        | 3.50        | 1.65        | 2.15        | 9.6         | 6.78        | 6.4         | 2.3         | 1.9         | 7.4         | 2.6         | 1.9         | 5.5        |
| P-Import Saatgutzukauf                  | 0.7         | 0.3           | 0.30        | 1.38        | 0.50        | 0.33        | 0.29        | 0.50        | 0.26        | 0.6         | 0.47        | 0.3         | 0.9         | 0.6         | 0.6         | 0.7         | 0.6         | 0.0        |
| P-Düngemittelzukauf                     | 0.0         | 0.0           | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 4.8         | 0.0        |
| <b>P-Import gesamt</b>                  | <b>57.3</b> | <b>3.1</b>    | <b>4.4</b>  | <b>4.2</b>  | <b>4.0</b>  | <b>3.3</b>  | <b>3.8</b>  | <b>2.9</b>  | <b>2.4</b>  | <b>12.0</b> | <b>7.4</b>  | <b>7.8</b>  | <b>3.3</b>  | <b>2.5</b>  | <b>8.2</b>  | <b>3.3</b>  | <b>7.8</b>  | <b>5.5</b> |
|                                         |             |               |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |            |
| P-Export über Tierverkauf               | 28.5        | 2.3           | 6.10        | 5.50        | 8.92        | 4.94        | 6.44        | 3.46        | 2.82        | 7.7         | 3.10        | 4.2         | 3.1         | 2.6         | 6.7         | 2.4         | 2.0         | 2.3        |
| P-Export über Verkauf von Marktfrüchten | 67.8        | 19.1          | 6.80        | 5.29        | 0.82        | 2.52        | 1.54        | 2.62        | 1.84        | 6.1         | 5.82        | 5.0         | 1.4         | 0.9         | 2.3         | 1.5         | 6.4         | 2.3        |
| <b>P-Export gesamt</b>                  | <b>96.3</b> | <b>21.4</b>   | <b>12.9</b> | <b>10.8</b> | <b>9.7</b>  | <b>7.5</b>  | <b>8.0</b>  | <b>6.1</b>  | <b>4.7</b>  | <b>13.8</b> | <b>8.9</b>  | <b>9.2</b>  | <b>4.5</b>  | <b>3.4</b>  | <b>9.0</b>  | <b>3.9</b>  | <b>8.4</b>  | <b>4.6</b> |
| <b>Saldo (kg P/ha/a)</b>                | <b>-39.</b> | <b>- 18.3</b> | <b>-8.5</b> | <b>-6.6</b> | <b>-5.8</b> | <b>-4.2</b> | <b>-4.2</b> | <b>-3.2</b> | <b>-2.3</b> | <b>-1.8</b> | <b>-1.6</b> | <b>-1.4</b> | <b>-1.2</b> | <b>-1.0</b> | <b>-0.8</b> | <b>-0.6</b> | <b>-0.6</b> | <b>0.9</b> |

Tabelle 13: P- Einflussfaktoren der Indoor-Betriebe 19-32

| Betrieb                                    | 19         | 20         | 21         | 22         | 23          | 24          | 25          | 26          | 27          | 28          | 29          | 30          | 31          | 32          | Ø Indoor              |               |
|--------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|---------------|
| Einflussfaktor (kg P/ha/a)                 |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | Ø I<br>(kg<br>P/ha/a) | Anteil<br>(%) |
| P-Import über Tierzukauf                   | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.2         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 3.7         | 1.1         | 9.4         | 6.3         | 0.0         | 0.0         | 1.0                   | 5.0%          |
| P-Import über FM+Stroh                     | 9.5        | 6.0        | 7.5        | 8.1        | 15.4        | 12.8        | 41.3        | 48.0        | 33.3        | 30.6        | 70.9        | 48.7        | 37.1        | 79.3        | 17.7                  | 91.8%         |
| P-Import Saatgutzukauf                     | 0.4        | 0.1        | 0.4        | 0.4        | 0.4         | 0.4         | 0.6         | 0.6         | 0.2         | 0.2         | 0.7         | 0.3         | 0.7         | 0.3         | 0.5                   | 2.4%          |
| P-Düngemittelzukauf                        | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.2                   | 0.8%          |
| <b>P-Import gesamt</b>                     | <b>9.9</b> | <b>6.1</b> | <b>7.8</b> | <b>8.5</b> | <b>16.0</b> | <b>13.2</b> | <b>41.9</b> | <b>48.6</b> | <b>37.2</b> | <b>31.9</b> | <b>81.0</b> | <b>55.3</b> | <b>37.8</b> | <b>79.6</b> | <b>19.3</b>           |               |
| P-Export über Tierverkauf                  | 5.1        | 1.4        | 2.5        | 3.2        | 8.9         | 2.6         | 23.4        | 16.5        | 14.2        | 4.0         | 27.9        | 21.6        | 3.7         | 20.1        | 8.1                   | 54.1%         |
| P-Export über Verkauf von<br>Marktfrüchten | 1.1        | 1.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0         | 0.0         | 0.5         | 13.5        | 3.0         | 6.0         | 29.6        | 8.3         | 0.0         | 15.7        | 6.8                   | 45.9%         |
| <b>P-Export gesamt</b>                     | <b>6.2</b> | <b>2.4</b> | <b>2.5</b> | <b>3.2</b> | <b>8.9</b>  | <b>2.6</b>  | <b>23.9</b> | <b>30.0</b> | <b>17.2</b> | <b>10.0</b> | <b>57.5</b> | <b>29.9</b> | <b>3.7</b>  | <b>35.8</b> | <b>14.9</b>           |               |
| <b>Saldo (kg P/ha/a)</b>                   | <b>3.7</b> | <b>3.7</b> | <b>5.3</b> | <b>5.3</b> | <b>7.1</b>  | <b>10.6</b> | <b>18.0</b> | <b>18.6</b> | <b>20.0</b> | <b>21.9</b> | <b>23.5</b> | <b>25.4</b> | <b>34.1</b> | <b>43.8</b> | <b>4.4</b>            |               |

### 5.2.2 P-Bilanzierung Partly Outdoor

Anhand von Abbildung 6 wird ein Überblick über den N-Import, -Export bzw. Saldo je Einzelbetrieb des Haltungssystemes „Indoor“ gegeben:

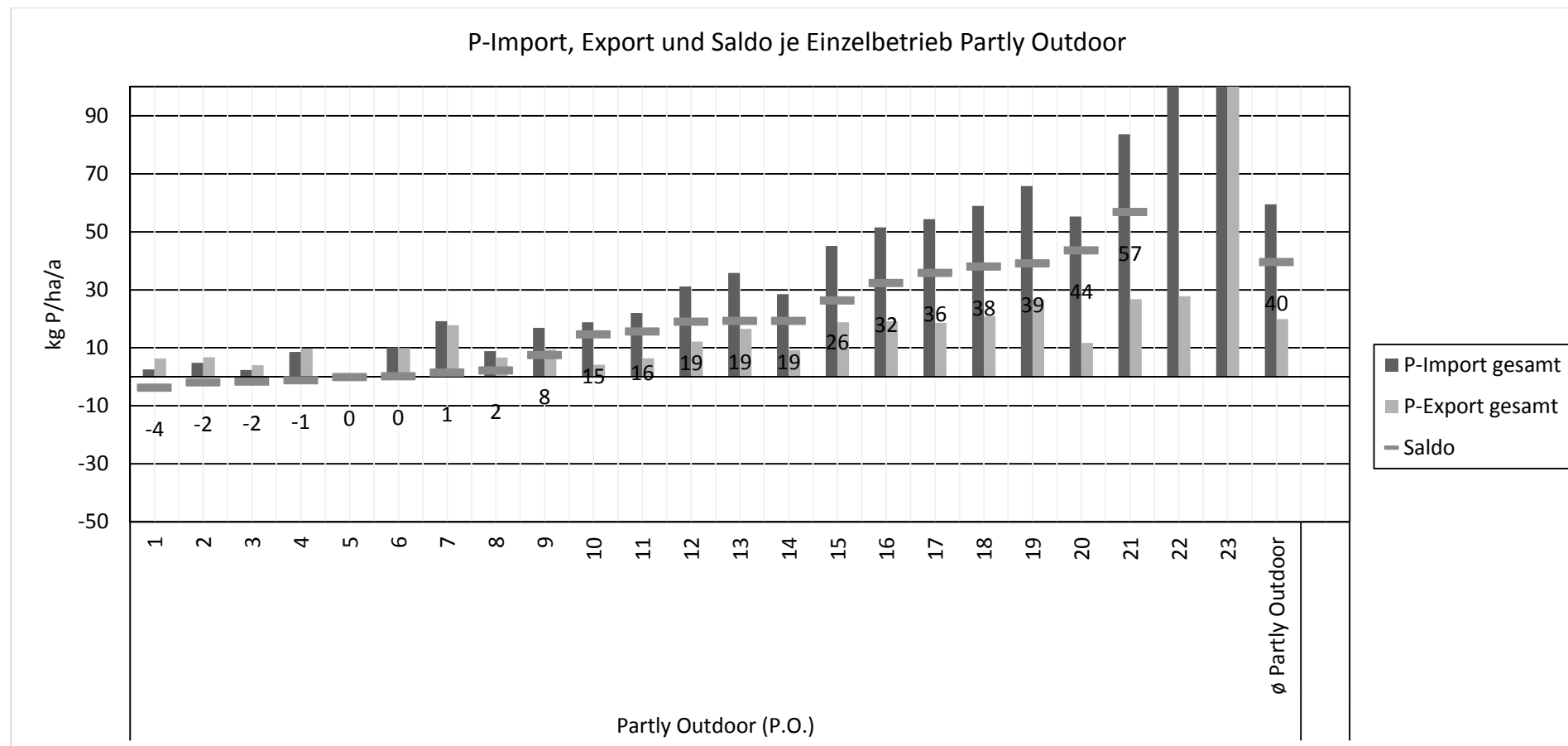


Abbildung 6: P-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Partly Outdoor (n=23)

Aufgrund der hohen Besatzdichte im Verhältnis zur Betriebsfläche vieler Partly Outdoor-Betriebe ergeben sich bei einigen dieser Betriebe sehr hohe P- Bilanzsaldi, die wahrscheinlich durch das Nichtberücksichtigen des Düngerverkaufs erklärt werden können. Die Betriebe 22 und 23 weisen sehr hohe Besatzdichten von bis zu 16,5 GVE/ha im Vergleich zu durchschnittlich 1,5 GVE/ha auf und tragen somit zu einer starken Erhöhung des durchschnittlichen P-Saldo (+39,5 kg P/ha/a) der Partly Outdoor Betriebe bei. Die hohen Besatzdichten erfordern gleichzeitig einen hohen Futtermittelzukauf, da der Bedarf nicht durch Eigenproduktion gedeckt werden kann. Dies führt dazu, dass der Faktor *Import über Futtermittel bzw. Stroh* mit 99,3 % den Hauptanteil des Phosphoreintrages abdeckt. Wie in der obigen Tabelle 10 ersichtlich, hat der hohe Zukaufsanteil von Futtermittel auch einen Effekt auf die N-Bilanzierung. Dies wird vor allem bei Betrachtung der Betriebe 22 und 23 deutlich, da es im Bereich der N-Bilanzierung auch hier zu stark überschüssigen Bilanzergebnissen kommt. Den größten Einflussfaktor auf der Seite des Phosphorausstrages stellt der *P-Export über Tierverkauf* mit durchschnittlich 85,9 % dar.

Tabelle 14 gibt eine Übersicht über jene Faktoren, die einen P-Nährstoffimport bzw. –export bei den Partly Outdoor- Betrieben verursachen:

Tabelle 14: P- Einflussfaktoren der Partly Outdoor-Betriebe 1-13

| Betrieb                                 | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8          | 9           | 10          | 11          | 12          | 13          |
|-----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Einflussfaktor (kg P/ha/a)</b>       |             |             |             |             |             |             |             |            |             |             |             |             |             |
| P-Import über Tierzukauf                | 0.0         | 0.0         | 0.8         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0        | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| P-Import über FM+Stroh                  | 2.4         | 4.6         | 1.6         | 8.1         | 0.0         | 9.6         | 19.0        | 7.4        | 16.3        | 18.7        | 21.6        | 31.1        | 35.7        |
| P-Import Saatgutzukauf                  | 0.1         | 0.2         | 0.0         | 0.5         | 0.1         | 0.5         | 0.2         | 1.5        | 0.6         | 0.1         | 0.4         | 0.0         | 0.1         |
| P-Düngemittelzukauf                     | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0        | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <b>P-Import gesamt</b>                  | <b>2.5</b>  | <b>4.8</b>  | <b>2.4</b>  | <b>8.6</b>  | <b>0.1</b>  | <b>10.1</b> | <b>19.2</b> | <b>8.9</b> | <b>16.9</b> | <b>18.8</b> | <b>22.0</b> | <b>31.1</b> | <b>35.8</b> |
| P-Export über Tierverkauf               | 1.1         | 2.1         | 3.4         | 9.8         | 0.2         | 9.7         | 6.7         | 6.7        | 9.2         | 4.1         | 6.4         | 10.1        | 16.5        |
| P-Export über Verkauf von Marktfrüchten | 5.2         | 4.6         | 0.7         | 0.0         | 0.0         | 0.2         | 11.1        | 0.0        | 0.2         | 0.0         | 0.0         | 2.0         | 0.0         |
| Freilandverluste                        | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0        | 0.0         | 0.1         | 0.0         | 0.0         | 0.0         |
| <b>P-Export gesamt</b>                  | <b>6.3</b>  | <b>6.7</b>  | <b>4.0</b>  | <b>9.8</b>  | <b>0.2</b>  | <b>9.9</b>  | <b>17.8</b> | <b>6.7</b> | <b>9.4</b>  | <b>4.2</b>  | <b>6.4</b>  | <b>12.1</b> | <b>16.5</b> |
| <b>Saldo (kg P/ha/a)</b>                | <b>-3.8</b> | <b>-1.9</b> | <b>-1.6</b> | <b>-1.2</b> | <b>-0.1</b> | <b>0.2</b>  | <b>1.4</b>  | <b>2.2</b> | <b>7.5</b>  | <b>14.6</b> | <b>15.6</b> | <b>19.0</b> | <b>19.3</b> |

Tabelle 15: P- Einflussfaktoren der Partly Outdoor-Betriebe 14-23

| Betrieb                                    | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20          | 21          | 22           | 23           | Ø Partly Outdoor      |               |
|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------|
| Einflussfaktor (kg P/ha/a)                 |             |             |             |             |             |             |             |             |              |              | Ø P.O.<br>(kg P/ha/a) | Anteil<br>(%) |
| P-Import über Tierzukauf                   | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 0.0                   | 0.1%          |
| P-Import über FM+Stroh                     | 27.5        | 44.7        | 51.3        | 54.0        | 58.5        | 65.0        | 55.3        | 83.2        | 140.7        | 601.9        | 59.1                  | 99.3%         |
| P-Import Saatgutzukauf                     | 1.0         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 0.4         | 0.8         | 0.0         | 0.4         | 0.3          | 0.0          | 0.4                   | 0.6%          |
| P-Düngemittelzukauf                        | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 0.0                   | 0.0%          |
| <b>P-Import gesamt</b>                     | <b>28.5</b> | <b>45.1</b> | <b>51.5</b> | <b>54.4</b> | <b>58.9</b> | <b>65.8</b> | <b>55.3</b> | <b>83.6</b> | <b>141.0</b> | <b>601.9</b> | <b>59.4</b>           |               |
| P-Export über Tierversauf                  | 9.2         | 11.8        | 15.7        | 14.9        | 15.4        | 19.3        | 11.6        | 16.6        | 25.1         | 168.4        | 17.1                  | 85.9%         |
| P-Export über Verkauf von<br>Marktfrüchten | 0.0         | 7.0         | 3.3         | 3.6         | 5.3         | 7.3         | 0.0         | 10.1        | 2.6          | 0.0          | 2.7                   | 13.8%         |
| Freilandverluste                           | 0.0         | 0.0         | 0.2         | 0.1         | 0.2         | 0.1         | 0.1         | 0.1         | 0.1          | 0.4          | -                     | -             |
| <b>P-Export gesamt</b>                     | <b>9.2</b>  | <b>18.8</b> | <b>19.2</b> | <b>18.6</b> | <b>20.9</b> | <b>26.7</b> | <b>11.7</b> | <b>26.8</b> | <b>27.8</b>  | <b>168.8</b> | <b>19.9</b>           |               |
| <b>Saldo (kg P/ha/a)</b>                   | <b>19.3</b> | <b>26.3</b> | <b>32.3</b> | <b>35.8</b> | <b>38.0</b> | <b>39.1</b> | <b>43.6</b> | <b>56.8</b> | <b>113.2</b> | <b>433.1</b> | <b>39.5</b>           |               |

### 5.2.3 P-Bilanzierung Outdoor

Nachfolgende Abbildung 7 zeigt den P- Import, - Export und Saldo je Einzelbetrieb der Kategorie „Outdoor-Haltung“:

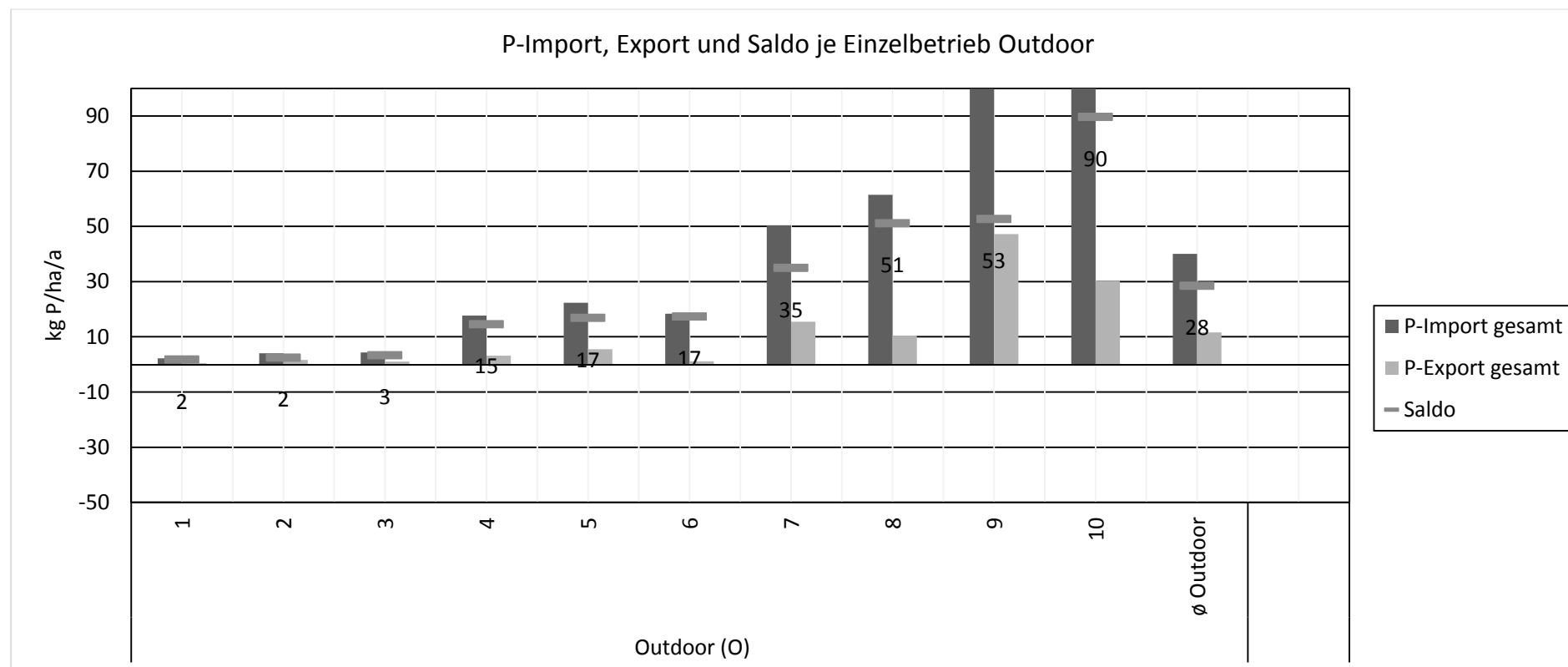


Abbildung 7: P-Import, Export und Saldo je Einzelbetrieb Outdoor (n=10)

Das Mittel der P-Saldi der Outdoor- Betriebe liegt bei +28,4 ( $\sigma=28,6$ ) kg P/ha/a. Auch hier muss berücksichtigt werden, dass der Düngemittelverkauf nicht erfasst wurde und es dadurch zu fälschlicherweise stark erhöhten Bilanzen kommt.

Anhand der Tabelle 16 ist ersichtlich, dass die auf den Betrieben benötigten Futtermittel fast zur Gänze durch *Zukauf* bereitgestellt werden. Somit ergibt sich über alle Outdoor Betriebe ein durchschnittlicher Anteil von 99,6 % am gesamten Phosphoreintrag. Im P-Export-Sektor stellen der *Export über den Tierverkauf* mit 98,7 % sowie der *Export über den Verkauf von Marktfrüchten* die größten P-Austragsquellen dar. Auch hier weisen jene Betriebe stark überschüssige Bilanzergebnisse auf, welche ebenso in der vorhergegangenen Stickstoffbilanzierung (siehe Tabelle 11) starke Bilanzüberschüsse zeigen.

Tabelle 16 gibt einen Überblick über jene Faktoren, die den P-Import bzw. –Export bei den Outdoor- Betrieben verursachen:

Tabelle 16: P- Einflussfaktoren der Outdoor-Betriebe 1-10

| Betrieb                                    | 1          | 2          | 3          | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10           | Ø Outdoor          |        |
|--------------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------------|--------|
| Einflussfaktor (kg P/ha/a)                 |            |            |            |             |             |             |             |             |             |              | Ø O<br>(kg P/ha/a) | Anteil |
| P-Import über Tierzukauf                   | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0         | 1.1         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.1                | 0.3%   |
| P-Import über FM+Stroh                     | 1.9        | 4.0        | 4.3        | 17.7        | 21.2        | 18.2        | 50.4        | 61.5        | 99.9        | 119.9        | 39.9               | 99.6%  |
| P-Import Saatgutzukauf                     | 0.3        | 0.0        | 0.0        | 0.0         | 0.0         | 0.2         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.1                | 0.1%   |
| P-Düngemittelzukauf                        | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.0                | 0.0%   |
| <b>P-Import gesamt</b>                     | <b>2.2</b> | <b>4.0</b> | <b>4.3</b> | <b>17.7</b> | <b>22.3</b> | <b>18.4</b> | <b>50.4</b> | <b>61.5</b> | <b>99.9</b> | <b>119.9</b> | <b>40.1</b>        |        |
| P-Export über Tierverkauf                  | 0.5        | 1.6        | 1.0        | 3.1         | 5.5         | 0.9         | 15.3        | 10.3        | 46.6        | 30.0         | 11.5               | 98.7%  |
| P-Export über Verkauf von<br>Marktfrüchten | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0          | 0.1                | 0.0%   |
| Freilandverluste                           | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.1         | 0.0         | 0.2         | 0.2         | 0.1         | 0.6         | 0.3          | 0.2                | 1.3%   |
| <b>P-Export gesamt</b>                     | <b>0.5</b> | <b>1.6</b> | <b>1.0</b> | <b>3.2</b>  | <b>5.5</b>  | <b>1.1</b>  | <b>15.5</b> | <b>10.4</b> | <b>47.2</b> | <b>30.3</b>  | <b>11.8</b>        |        |
| <b>Saldo (kg P/ha/a)</b>                   | <b>1.7</b> | <b>2.4</b> | <b>3.3</b> | <b>14.5</b> | <b>16.8</b> | <b>17.3</b> | <b>34.9</b> | <b>51.1</b> | <b>52.7</b> | <b>89.6</b>  | <b>28.4</b>        |        |

### 5.3 Systemvergleich: Strukturmerkmale und Nährstoffbilanzen der verschiedenen Haltungssysteme

Die statistische Auswertung erfolgt unter Miteinbezug der von Brandhofer (2014) berechneten Ergebnisse der österreichischen Projektbetriebe. Bei Betrieb AT012 wird der fehlende Wert im Bereich Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste adaptiert und die Bilanz korrigiert. Das Bilanzergebnis beträgt nun +32,59 kg N/ha/a, anstatt +40,9 kg N/ha/a.

In Tabelle 17 werden die Variablen Betriebsgröße und Besatzdichte zwischen den einzelnen Systemen verglichen. Hierbei ist ersichtlich, dass die Betriebsgrößen mit Mittelwerten von 57,8 ha (Indoor) bis 141,5 ha (Partly Outdoor) stark variieren. Die Betriebsflächen der Indoor- und Outdoor-Betriebe sind somit im Durchschnitt nur etwa halb so groß wie jene der Partly Outdoor-Betriebe. Auch die Besatzdichten liegen deutlich auseinander. Die Indoor-Betriebe weisen sowohl einen geringeren Mittelwert als auch Median auf, als die beiden anderen Systeme.

*Tabelle 17: Vergleich von Betriebsgröße und Besatzdichte zwischen den Betrieben der drei Haltungssysteme*

| Variable                     | Haltungs-system | Mittelw. | Min. | Unteres Quartil | Median | Oberes Quartil | Max.  | Std.abw |
|------------------------------|-----------------|----------|------|-----------------|--------|----------------|-------|---------|
| <b>Betriebsgröße (ha)</b>    | Indoor          | 57.8     | 3.0  | 23.0            | 41.5   | 61.0           | 360.0 | 65.5    |
|                              | Partly Outdoor  | 141.5    | 16.0 | 50.0            | 90.0   | 151.0          | 680.0 | 160.3   |
|                              | Outdoor         | 67.3     | 7.0  | 15.0            | 49.5   | 100.0          | 162.0 | 59.9    |
| <b>Besatzdichte (GVE/ha)</b> | Indoor          | 1.2      | 0.2  | 0.4             | 0.6    | 1.5            | 5.3   | 1.2     |
|                              | Partly Outdoor  | 1.8      | 0.1  | 0.5             | 1.2    | 1.5            | 16.5  | 3.3     |
|                              | Outdoor         | 1.9      | 0.1  | 0.3             | 1.0    | 1.8            | 7.9   | 2.6     |

Sowohl die Saldi der Stickstoffbilanzen als auch ihre Residuen sind normalverteilt. Der Mittelwert der Daten über alle Systeme hinweg liegt bei +3,54 kg N/ha/a, mit einer erheblichen Streuung (Standardabweichung 31,4). Aufgrund dieser Ergebnisse kommt nachfolgend der Test nach Kruskal und Wallis zum Einsatz, um festzustellen, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Haltungssystemen bezüglich ihrer N-Bilanzergebnisse gibt. Anhand der Auswertung der Daten ist ersichtlich, dass sich die Haltungssysteme in Bezug auf ihre Stickstoffbilanzergebnisse mit einem P-Wert von >0,05 nicht signifikant unterscheiden.

In Tabelle 18 werden die Stickstoffbilanzen (kg N/ha/a) nach System dargestellt.

Tabelle 18: Stickstoffbilanzen in kg N/ha/a nach Haltungssystem

| Haltungssystem | N  | Mittelw | Min    | Unt. Quartil | Median | Ob. Quartil | Max   | Std.abw |
|----------------|----|---------|--------|--------------|--------|-------------|-------|---------|
| Indoor         | 32 | 2.68    | -60.5  | -14.10       | 1.05   | 25.70       | 47.90 | 27.49   |
| Partly Outdoor | 23 | -0.17   | -123.4 | -17.80       | 2.90   | 13.70       | 67.90 | 40.27   |
| Outdoor        | 10 | 14.83   | -5.50  | 1.30         | 11.85  | 34.40       | 37.60 | 16.35   |

Anhand dieser Tabelle ist ersichtlich, dass der durchschnittliche N-Saldo aller Betriebe im Toleranzbereich von  $\pm 50$  kg N/ha/a liegt. Bei Betrachtung der Maximumwerte wird deutlich, dass es lediglich bei den Partly Outdoor Betrieben zu stark überschüssigen N-Bilanzergebnissen kommt.

Abbildung 8 zeigt die Verteilung der N-Saldi, aufgeteilt nach Haltungssystemen. Als Ausreißer werden jene Betriebe definiert, deren Saldi Werte größer als +/- der dreifachen Standardabweichung aufweisen.

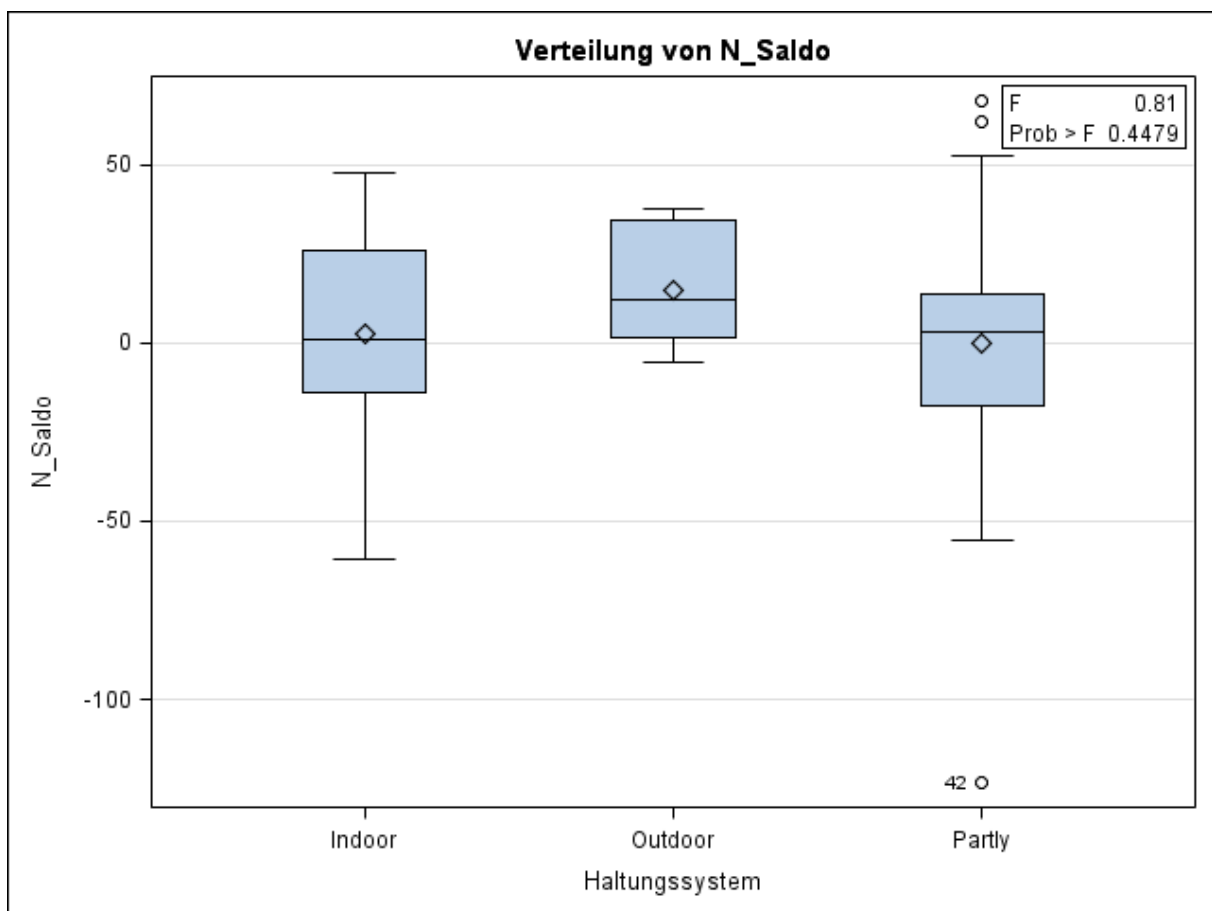


Abbildung 8: Verteilung der N-Saldi (kg N/ha/a) nach Haltungssystem

Tabelle 19 gibt einen Überblick über die einzelnen Bilanzeinflussgrößen der Stickstoffbilanzierung. Anhand der Mittelwerte ist ersichtlich, dass die Haltungssysteme in einigen Variablen stark differieren. Als Beispiel sei der Mittelwert im Bereich *N-Import über FM und Stroh* gegeben: Dieser variiert von 80,9 kg N-Import/ha/a (Indoor) bis zu 234,1 kg N Import/ha/a (Partly Outdoor). Auffällig ist bei selbiger Variable der Maximumwert von 2389,9 kg N-Import/ha/a. Dieser ergibt sich durch die hohe Tierbesatzdichte am Betrieb bei gleichzeitig geringem Anteil selbsterzeugter Futtermittel.

Im Bereich des *N-Importes über den Zukauf von Tieren* ist der Mittelwert der Indoor-Betriebe deutlich höher als jener der anderen Haltungssysteme. Dies ist auf einen sehr hohen Maximumwert zurückzuführen, welcher den Mittelwert hinaufzieht. Allerdings liegt auch der Median der Indoor-Betriebe höher, als jener der beiden anderen Haltungssysteme, was darauf hinweist, dass in diesem Haltungssystem generell größere Mengen an Nährstoff über den Tierzukauf in das System gelangen.

Bei Betrachtung des Einflussfaktors *symbiotische N-Fixierung* ist ersichtlich, dass jene Betriebe, welche dem System der Indoor- Haltung angehören, dem System deutlich höhere Mengen an N über den Anbau von Leguminosen zuführen. Sowohl Mittelwert als auch Median liegen deutlich höher als jene der der Partly Outdoor- und Outdoor- Betriebe.

Auch die *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste* weisen deutlich unterschiedliche Mittelwerte auf. Diese variieren zwischen durchschnittlich 39,1 kg N-Export/ha/a bei den Indoor-Betrieben und durchschnittlich 123,3 kg N-Export/ha/a bei den Partly Outdoor-Betrieben.

Insgesamt betrachtet weisen die Partly Outdoor- und Outdoor-Betriebe zwar ähnlich hohe Nährstoffimporte im Bereich *Zukauf von Futtermittel und Stroh* auf, allerdings können diese bei den Partly Outdoor-Betrieben durch höhere *Nährstoffexporte durch den Verkauf von Marktfrüchten* sowie höhere *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste* besser kompensiert werden. Dies führt dazu, dass die Partly Outdoor-Betriebe durchschnittlich niedrigere Bilanzergebnisse aufweisen als die Outdoor-Betriebe.

Tabelle 19: Einflussgrößen der Stickstoffbilanzierung (in kg N/ha/a) nach Haltungssystem

| Variable                                           | Haltungssystem | Mittelw | Min   | Unt. Quart. | Median | Ob. Quart. | Max    | Std.abw |
|----------------------------------------------------|----------------|---------|-------|-------------|--------|------------|--------|---------|
| <b>N-Import Tierzukauf</b>                         | Indoor         | 4.63    | 0     | 0           | 3      | 0          | 45.3   | 10.51   |
|                                                    | Partly Outdoor | 0.17    | 0     | 0           | 0      | 0          | 4.02   | 0.84    |
|                                                    | Outdoor        | 0.53    | 0     | 0           | 0      | 0          | 5.34   | 1.69    |
| <b>N-Import über FM+Stroh</b>                      | Indoor         | 80.91   | 18.4  | 35.05       | 108.5  | 3.5        | 415.4  | 104.44  |
|                                                    | Partly Outdoor | 234.06  | 54.6  | 108.4       | 247.3  | 0          | 2389.9 | 481.33  |
|                                                    | Outdoor        | 204.5   | 27.1  | 102.76      | 268.3  | 12         | 597.7  | 223.76  |
| <b>N-Import-Saatgutzukauf</b>                      | Indoor         | 2.91    | 1.95  | 2.7         | 3.9    | 0          | 6.2    | 1.44    |
|                                                    | Partly Outdoor | 2.36    | 0.8   | 2.3         | 3.2    | 0          | 8.46   | 2.01    |
|                                                    | Outdoor        | 0.66    | 0     | 0           | 1      | 0          | 3.2    | 1.06    |
| <b>Symbiotische N-Fixierung</b>                    | Indoor         | 31.63   | 6.95  | 14.4        | 41.9   | 0          | 278.1  | 51.42   |
|                                                    | Partly Outdoor | 15.54   | 0     | 13.46       | 20.8   | 0          | 64.2   | 15.74   |
|                                                    | Outdoor        | 4.54    | 0     | 0           | 0      | 0          | 33.4   | 10.82   |
| <b>N-Export über Tierversauf</b>                   | Indoor         | 39.27   | 14.65 | 22.45       | 43.75  | 6.7        | 138    | 38.16   |
|                                                    | Partly Outdoor | 83.27   | 30.9  | 47.5        | 76     | 0.9        | 825.6  | 164.56  |
|                                                    | Outdoor        | 55.52   | 4.8   | 21.62       | 73.7   | 2.2        | 225    | 74.33   |
| <b>N-Export über Verkauf von Marktfrüchten</b>     | Indoor         | 39.19   | 4.2   | 14.8        | 36.2   | 0          | 372.5  | 72.89   |
|                                                    | Partly Outdoor | 19.1    | 0     | 9.4         | 32.5   | 0          | 94.9   | 25.36   |
|                                                    | Outdoor        | 4.05    | 0     | 0           | 0      | 0          | 40.48  | 12.8    |
| <b>Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste</b> | Indoor         | 39.05   | 6.9   | 16.6        | 45.15  | 2.9        | 221.8  | 53.15   |
|                                                    | Partly Outdoor | 123.3   | 29.7  | 63.5        | 107.9  | 1.17       | 1376.9 | 277.31  |
|                                                    | Outdoor        | 89.43   | 7.2   | 32.45       | 75.9   | 3.8        | 421.3  | 134.79  |
| <b>Freiland-verluste</b>                           | Indoor         | 0       | 0     | 0           | 0      | 0          | 0      | 0       |
|                                                    | Partly Outdoor | 26.67   | 6.94  | 17.5        | 26     | 0          | 185.4  | 38.23   |
|                                                    | Outdoor        | 46.44   | 10.3  | 35.1        | 84.8   | 6.8        | 125.9  | 43.64   |

Die Ergebnissaldi der Phosphorbilanzen und ihre Residuen weisen keine Normalverteilung auf. Über alle Systeme hinweg ergibt sich aufgrund der vorliegenden Daten ein Mittelwert von +20,51 kg P/ha/a, der Median hingegen liegt bei +5,3 kg P/ha/a. Bei Betrachtung der Streuung ergibt sich eine Standardabweichung von +57,2. Auch hier wird nach Kruskal und Wallis auf signifikante Unterschiede zwischen den Haltungssystemen getestet. Aufgrund eines P-Wertes von 0,004 kann von einem signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Haltungssystemen in Bezug auf die Phosphorbilanzergebnisse ausgegangen werden. Um diese Unterschiede sichtbar zu machen, wird der Test nach Wilcoxon angewendet. Hierbei ist ersichtlich, dass sich die P-Bilanzen der Indoor-Betriebe sowohl von jenen der Partly-Outdoor (P=0,005) als auch von jenen der Outdoor-Betriebe (P=0,009) signifikant unterscheiden.

Für diese Auswertung wird das Signifikanzniveau nach Bonferroni korrigiert und somit die Alphafehler-Kumulierung, die bei multiplen Paarvergleichen entsteht, neutralisiert. In nachfolgender

Tabelle 20 werden die Phosphorbilanzen (kg P/ha/a) nach System dargestellt:

Tabelle 20: Phosphorbilanzen in kg N/ha/a nach Haltungssystem

| Haltungssystem        | N  | Mittelw. | Min. | Unt. Quart. | Median | Ob. Quart. | Max. | Std.abw |
|-----------------------|----|----------|------|-------------|--------|------------|------|---------|
| <b>Indoor</b>         | 32 | 4,39     | -39  | -2,75       | -0,6   | 14,35      | 43,8 | 15,58   |
| <b>Partly Outdoor</b> | 23 | 17,24    | -3,9 | 0,2         | 15,6   | 32,3       | 56,9 | 18,07   |
| <b>Outdoor</b>        | 10 | 28,44    | 1,7  | 3,3         | 17,1   | 51,1       | 89,6 | 28,6    |

Anhand dieser Tabelle ist ersichtlich, dass lediglich die Indoor-Betriebe mit einem durchschnittlichen P-Saldo von 4,39 kg P/ha/a im Toleranzbereich von  $\pm 14$  kg P/ha/a liegen. Die hohen Maximumwerte bei den Partly Outdoor- und auch Outdoor-Betrieben führen zu einer Erhöhung der Mittelwerte.

Abbildung 9 zeigt die Verteilung der P-Saldi nach Haltungssystemen. Auch hier werden jene Betriebe als Ausreißer definiert, deren Saldi Werte größer als  $\pm$  der dreifachen Standardabweichung aufweisen. Jene Betriebe, die als Ausreißer definiert werden, werden bei der anschließenden Clusterung ausgeschlossen.

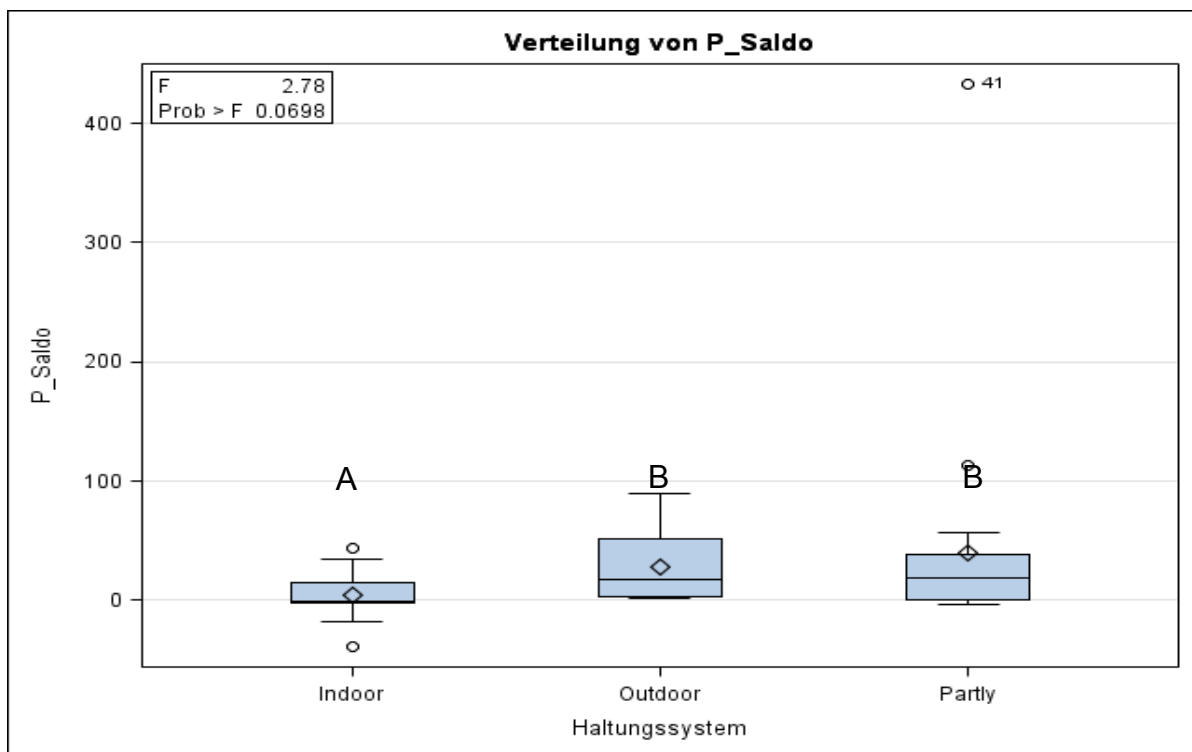


Abbildung 9: Verteilung der P-Saldi (kg P/ha/a) nach Haltungssystem

Tabelle 21 gibt einen Überblick über die einzelnen Bilanzeinflussgrößen der Phosphorbilanzierung. Wie schon zuvor im Bereich Stickstoff beschrieben, kommt es hier zu ähnlichen Ergebnissen. Neben starken Unterschieden im Bereich *P-Import über FM und Stroh*, mit Maximumwerten zwischen 21,8 kg P-Import/ha/a (Indoor) und 122,8 kg P-Import/ha/a (Partly Outdoor) kommt es auch beim Faktor *P-Export über Tierverkauf* zu einer deutlichen Varianz zwischen den einzelnen Werten. Die Mittelwerte beispielsweise reichen hier von 8,1 kg P-Export/ha/a (Indoor) bis zu 17,1 kg P-Export/ha/a (Partly Outdoor).

Die höheren *Phosphorimporte über Futtermittel und Stroh* der Partly Outdoor- und Outdoor- Betriebe können durch die höheren *Nährstoffexporte in Form von Tierverkauf* nicht kompensiert werden, sodass sich für diese Systeme (siehe Abb.9) gegenüber den Indoor-Betrieben höhere Bilanzen ergeben.

Tabelle 21: Einflussgrößen der Phosphorbilanzierung (in kg P/ha/a) nach Haltungssystem

| Variable                                       | Haltungssystem | Mittelw | Min  | Unt. Quart. | Median | Ob. Quart. | Max   | Std.abw. |
|------------------------------------------------|----------------|---------|------|-------------|--------|------------|-------|----------|
| <b>P-Import Tierzukauf</b>                     | Indoor         | 0.96    | 0    | 0           | 0.64   | 0          | 9.4   | 2.18     |
|                                                | Partly Outdoor | 0.04    | 0    | 0           | 0      | 0          | 0.84  | 0.18     |
|                                                | Outdoor        | 0.11    | 0    | 0           | 0      | 0          | 1.1   | 0.35     |
| <b>P-Import über FM+Stroh</b>                  | Indoor         | 17.73   | 2.88 | 7.09        | 31.95  | 1.65       | 79.3  | 21.77    |
|                                                | Partly Outdoor | 59.05   | 8.1  | 27.5        | 55.3   | 0          | 601.9 | 122.8    |
|                                                | Outdoor        | 39.9    | 4.3  | 19.7        | 61.5   | 1.9        | 119.9 | 42.02    |
| <b>P-Import-Saatgutzukauf</b>                  | Indoor         | 0.47    | 0.3  | 0.4         | 0.6    | 0          | 1.38  | 0.26     |
|                                                | Partly Outdoor | 0.35    | 0.1  | 0.3         | 0.5    | 0          | 1.46  | 0.36     |
|                                                | Outdoor        | 0.05    | 0    | 0           | 0      | 0          | 0.3   | 0.11     |
| <b>Düngemittel-zukauf</b>                      | Indoor         | 0.15    | 0    | 0           | 0      | 0          | 4.8   | 0.85     |
|                                                | Partly Outdoor | 0       | 0    | 0           | 0      | 0          | 0     | 0        |
|                                                | Outdoor        | 0       | 0    | 0           | 0      | 0          | 0     | 0        |
| <b>P-Export über Tierverkauf</b>               | Indoor         | 8.07    | 2.71 | 4.57        | 8.91   | 1.4        | 28.5  | 7.95     |
|                                                | Partly Outdoor | 17.13   | 6.4  | 9.8         | 15.7   | 0.2        | 168.4 | 33.55    |
|                                                | Outdoor        | 11.48   | 1    | 4.28        | 15.3   | 0.5        | 46.6  | 15.42    |
| <b>P-Export über Verkauf von Marktfrüchten</b> | Indoor         | 6.83    | 0.93 | 2.41        | 6.25   | 0          | 67.8  | 12.87    |
|                                                | Partly Outdoor | 2.75    | 0    | 0.67        | 5.2    | 0          | 11.1  | 3.47     |
|                                                | Outdoor        | 0       | 0    | 0           | 0      | 0          | 0     | 0        |
| <b>Freiland-verluste</b>                       | Indoor         | 0       | 0    | 0           | 0      | 0          | 0     | 0        |
|                                                | Partly Outdoor | 0.06    | 0    | 0           | 0.1    | 0          | 0.4   | 0.1      |
|                                                | Outdoor        | 0.15    | 0    | 0.1         | 0.2    | 0          | 0.6   | 0.19     |

## 5.4 Clusterung der Betriebe

Um herauszufinden, ob andere betriebspezifische Merkmale mehr Einfluss auf die Bilanzsaldi haben als das Haltungssystem, wird eine Clusterung der Betriebe nach ihren N- und P-Bilanzsaldi durchgeführt.

Um eine Clusterung möglich zu machen, werden aufgrund der unterschiedlichen Einheiten der N- und P-Saldi alle Werte standardisiert. Der Mittelwert der standardisierten Daten über alle Cluster hinweg liegt bei +2,07, der Median bei +1,0. Die Cluster weisen eine Standardabweichung von 1,44 auf.

Im vorliegenden Projekt wird der Datensatz (unter Anwendung des Pseudo F-, Pseudo T- und R-Square- Testes) in 7 Cluster unterteilt (siehe Abbildung 10).  $R^2$  weist dabei einen Wert von 0,807 auf. Drei der insgesamt sieben Cluster werden rein deskriptiv in der Arbeit berücksichtigt, da diese Cluster jeweils von nur einem Betrieb gebildet werden. Die restlichen vier Cluster stehen für die Untersuchung möglicher gemeinsamer Repräsentanten zu Verfügung.

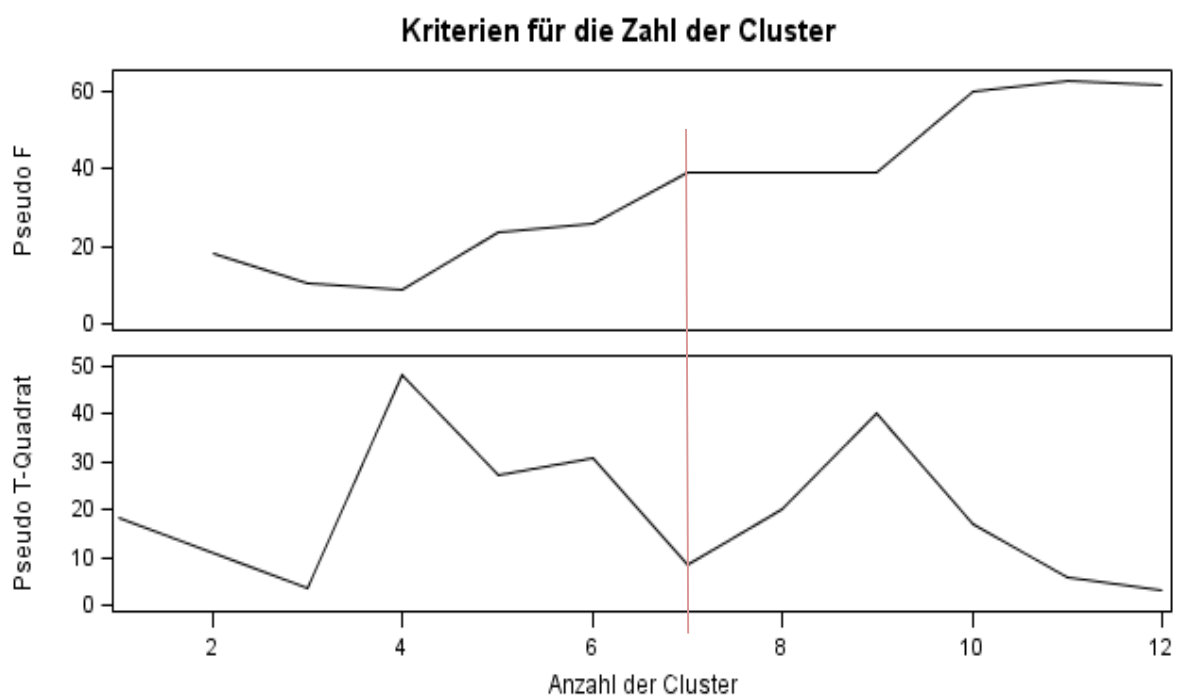


Abbildung 10: Kriterien für die Auswahl der Cluster

Nachfolgende Abbildung 11 zeigt alle Möglichkeiten der Clusterbildung. Die senkrechte Markierung zeigt jene Stelle, anhand der die Clusterung durchgeführt wird.

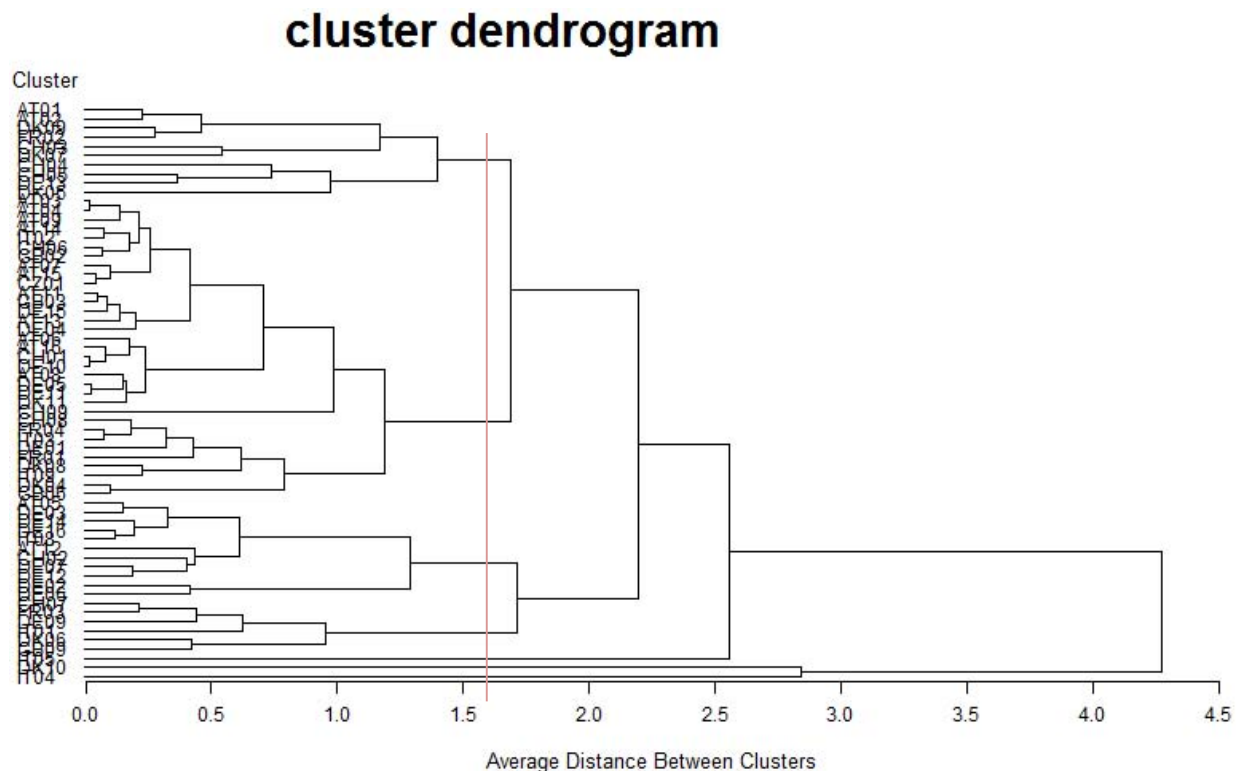


Abbildung 11: Dendrogram über die Bildung der Cluster

#### 5.4.1 Charakterisierung der einzelnen Cluster

##### CLUSTER=1

Cluster 1 bildet das größte aller Cluster und beinhaltet 33 Betriebe. Diese Betriebe kennzeichnen sich dadurch, dass ihre Bilanzergebnisse nahe 0 liegen, und sich somit nach Freyer und Percin (1996) im Idealbereich befinden, bzw. nur sehr schwach überschüssig bzw. sehr schwach defizitär sind. Der Mittelwert dieser Betriebe liegt bei +0,33 kg N/ha/a im Bereich der Stickstoffbilanzierung bzw. bei +4,75 kg P/ha/a im Bereich der Phosphorbilanzierung. Cluster 1 umfasst Indoor-, Partly Outdoor- und Outdoor- Betriebe.

##### CLUSTER=2

Cluster 2 umfasst insgesamt 11 Betriebe. Mit einem Mittelwert von +43,08 kg N/ha/a bzw. +14,3 kg P/ha/a charakterisieren Überschüsse sowohl im Bereich der N-, als auch der P-Bilanzen dieses Cluster. Auch in Cluster 2 finden sich alle 3 Haltungsformen wieder.

##### CLUSTER=3

Cluster 3 kennzeichnet sich durch Betriebe, die stark überschüssige P-Bilanzen aufweisen. Insgesamt trifft dies auf 6 der Projektbetriebe zu. Der Mittelwert der P-Saldi liegt bei +47,05 kg P/ha/a und ist somit nach Freyer und Percin (1996) sehr stark überschüssig.

Der Mittelwert der N-Bilanzen hingegen liegt mit +22,78 kg N/ha/a noch im Idealbereich. Für dieses Cluster kennzeichnend sind hohe Nährstoffeinträge im Bereich des Futtermittelzukaufes. Es finden sich vorwiegend jene Projektbetriebe wieder, die ihre Futtermittel fast ausschließlich von anderen Betrieben beziehen. Ausschlaggebender Faktor für den hohen Futtermittelimport sind die teilweise hohen Besatzdichten bei gleichzeitig kleinen Betriebsflächen. Dies führt dazu, dass der Futtermittelbedarf nicht durch Eigenproduktion abgedeckt werden kann (Halberg et al., 2010).

#### CLUSTER=4

Cluster 4 beinhaltet lediglich 5 Indoor- und 5 Partly Outdoor-Betriebe. Für dieses Cluster kennzeichnend sind negative N-Bilanzen sowie im Mittel schwach überschüssige P-Bilanzen. Insgesamt gehören 10 Projektbetriebe diesem Cluster an.

#### CLUSTER=5

Cluster 5 bildet ein Indoor-Betrieb. Dieser charakterisiert sich durch ein stark negatives P-Bilanzergebnis, welches bei -39 kg P/ha/a liegt. Der verhältnismäßig eher kleine Betrieb zeichnet sich durch sehr hohe Nährstoffexporte im Bereich *Tierexport* sowie im Bereich *Verkauf von Futtermittel* bzw. Marktfrüchte aus, wodurch sich dieses negative Bilanzergebnis erklären lässt. Bei der Bilanzierung von N hingegen kompensiert sich der hohe Nährstoffexport durch die hohen N-Fixierungsleistungen der Leguminosen. Dadurch ergibt sich eine N-Bilanz von +27,3 kg/ha/a, welche nach Freyer und Percin (1996) im Optimalbereich liegt.

#### CLUSTER=6

Cluster 6 wird von einem Partly Outdoor Betrieb gebildet, welcher mit Saldi von +67,9 kg N/ha/a bzw. +113,1 kg P/ha/a sowohl eine hohe N-Bilanz, als auch eine stark erhöhte P-Bilanz aufweist.

Aufgrund der hohen Besatzdichte und einer Wirtschaftsweise, bei der ausschließlich zugekaufte Futtermittel verfüttert werden, entsteht ein hoher Nährstoffimport.

#### CLUSTER=7

Cluster 7 wird von einem einzigen Outdoor Betrieb gebildet. Mit einer stark erhöhten N-Bilanz von +89,6 kg N/ha/a weicht diese von anderen Betrieben deutlich ab. Aufgrund der Tatsache, dass dieser Betrieb nur eine sehr kleine Betriebsfläche aufweist, ist es nicht möglich, die benötigten Futtermittel aus eigener Produktion bereitzustellen. Durch den großen Anteil an zugekauften Futtermittel kommt es zu hohen N-Einträgen.

Außerdem zeichnet sich dieser Betrieb durch hohe *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste* aus, wodurch das N-Bilanzergebnis noch weiter nach oben verschoben wird. Das Phosphorbilanzergebnis hingegen liegt mit -5,5 kg P/ha/a nach Freyer und Percin (1996) im Optimalbereich.

Nachfolgende Tabelle 22 zeigt Stickstoff- und Phosphorsaldi für die vier gewählten Cluster:

Tabelle 22: Stickstoff (kg N/ha/a)- und Phosphorbilanzen (kg P/ha/a) nach Cluster

| Cluster | Variable | N  | Min.   | Unteres Quartil | Mittelw. | Median | Oberes Quartil | Max.   | Std.abw. |
|---------|----------|----|--------|-----------------|----------|--------|----------------|--------|----------|
| 1       | N-Saldi  | 33 | -20,10 | -4,90           | 0,33     | 1,30   | 8,90           | 19,40  | 10,26    |
| 1       | P-Saldi  | 33 | -18,40 | -1,80           | 4,75     | -0,60  | 14,50          | 35,80  | 12,15    |
| 2       | N-Saldi  | 11 | 32,10  | 34,40           | 43,08    | 43,70  | 47,90          | 62,10  | 9,14     |
| 2       | P-Saldi  | 11 | 1,70   | 5,30            | 14,30    | 10,70  | 21,90          | 38,00  | 12,04    |
| 3       | N-Saldi  | 6  | 4,10   | 14,60           | 22,78    | 24,65  | 31,10          | 37,60  | 11,94    |
| 3       | P-Saldi  | 6  | 34,10  | 43,70           | 47,05    | 47,45  | 52,70          | 56,90  | 8,18     |
| 4       | N-Saldi  | 10 | -60,50 | -41,40          | -35,94   | -35,00 | -27,50         | -14,00 | 14,70    |
| 4       | P-Saldi  | 10 | -8,50  | 0,20            | 12,07    | 13,25  | 23,40          | 39,10  | 15,62    |

#### 5.4.2 Charakterisierung der Bilanz-Cluster

Um jene betriebsspezifischen Merkmale sichtbar zu machen, welche Einfluss auf die Bilanzergebnisse, in weiterer Folge Einfluss auf die Clusterung und somit die Unterscheidung der Betriebe haben, werden die Faktoren Nährstoffimport über Futtermittelzukauf (kg N/P), Phasenfütterung (ja/nein), Betriebsgröße (ha), Anzahl GVE/Betrieb und Import über Tierzukauf (kg N/P) auf ihre Bedeutung getestet. Zu diesem Zweck wird der statistische Test nach Kruskal Wallis angewendet.

Mit einem P-Wert von <0,01 unterscheiden sich alle die Cluster signifikant im Bereich des Nährstoffimportes über den Futtermittelzukauf voneinander. Anschließend wird mit Hilfe des Homogenitätstestes nach Wilcoxon ein paarweiser Vergleich zwischen den 4 Clustern erstellt, mit dem Ergebnis, dass sich alle Cluster signifikant im Bereich *Futtermittelzukauf* (sowohl bei Betrachtung des N- Importes, als auch des P- Importes) voneinander unterscheiden.

Abbildung 12 zeigt den signifikanten Unterschied zwischen den Clustern, verursacht durch den unterschiedlichen *N-Import über den Futtermittelzukauf*. Es wird deutlich, dass Cluster 3 sehr hohe Nährstoffimporte durch Futtermittelzukauf aufweist, während die Betriebe in Cluster 1 deutlich geringere Importe aufweisen.

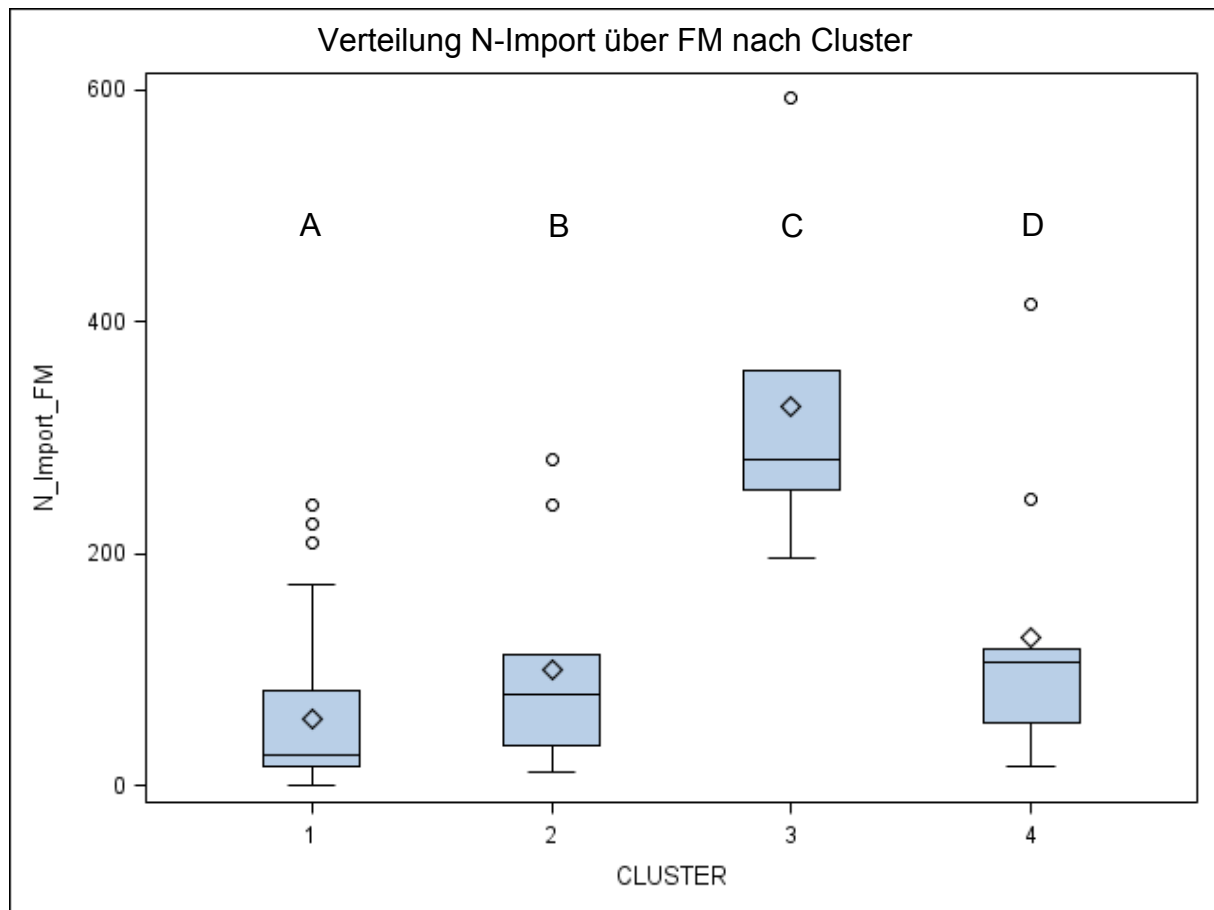


Abbildung 12: Signifikante Unterscheidung der Cluster durch den Faktor N- Import über Futtermittel und Stroh (versch. Buchstaben (ABCD) weisen auf sign. Unterschiede hin ( $p < 0,05$ ))

Weiters wird getestet, ob sich die einzelnen Cluster durch die Anwendung von Phasenfütterungssystemen unterscheiden. Aufgrund eines P-Wertes von 0,75 zeigt sich, dass die Phasenfütterung keinen signifikanten Einfluss auf die Aufteilung der Betriebe hat. Auch die Faktoren Betriebsgröße ( $P=0,73$ ) sowie der Import über den Tierzukauf ( $P=0,25$ ) stellen keine gesicherten Erklärungsansätze für die Zugehörigkeit der einzelnen Betriebe zu den unterschiedlichen Clustern dar.

Um den Einfluss der Tierbesatzdichte auf die Bilanzergebnisse zu untersuchen, wird ebenfalls der Test nach Wilcoxon durchgeführt. Dazu wird die Anzahl an GVEs pro Betrieb als Bezugsbasis verwendet. Auch hier zeigt sich, dass dieser Faktor, mit einem Wahrscheinlichkeitswert von  $P=0,17$  keinen signifikanten Einfluss auf die Zugehörigkeit der Betriebe zu den Clustern hat.

### **5.3.2.1 Import über Futtermittel und Stroh**

Aufgrund vorliegender Ergebnisse wird ersichtlich, dass der Faktor *Nährstoffimport über Futtermittel und Stroh* den stärksten Einfluss auf das Clusterergebnis aufweist. Um die Bedeutung dieser Größe besser interpretieren zu können, wird der Futtermittelzukauf auf die einzelnen Futtermittelkategorien zerlegt und aufgezeigt, welche Futtermittel die Betriebe der einzelnen Clustern zukaufen.

Über alle Cluster hinweg bildet der Getreidezukauf den größten Anteil am gesamten Futtermittelimport. Cluster 1 kauft relativ viele proteinreiche pflanzliche Nebenprodukte zu, während jene Betriebe, die Cluster 2 angehören, vor allem Leguminosen zukaufen. In Cluster 3 werden hauptsächlich verschiedene Getreidearten als Futtermittel importiert. Cluster 4 stellt die Gruppe von Betrieben mit durchschnittlichen Futtermittelzukaufen dar, weist allerdings gemeinsam mit Cluster 3 keinen Zukauf an Mischfuttermitteln auf. Letztere werden lediglich von Betrieben der Cluster 1 und 2 importiert.

Tabelle 23 zeigt jene Futtermittelkategorien, die von den Betrieben der einzelnen Cluster zugekauft werden:

Tabelle 23: Futtermittelkategorien, die von Betrieben der verschiedenen Cluster importiert werden

| Variable                                   | Cluster | Mittelw. | Min.  | Unteres Quartil | Median | Oberes Quartil | Max.  | Std.abw. |
|--------------------------------------------|---------|----------|-------|-----------------|--------|----------------|-------|----------|
| <b>Getreide</b>                            | 1       | 45.05    | 0.00  | 11.01           | 49.71  | 67.12          | 97.00 | 30.75    |
|                                            | 2       | 43.65    | 0.00  | 0.00            | 55.71  | 63.84          | 75.17 | 28.80    |
|                                            | 3       | 66.35    | 56.56 | 62.49           | 66.28  | 69.63          | 76.85 | 6.81     |
|                                            | 4       | 51.57    | 0.00  | 16.53           | 69.94  | 73.25          | 76.81 | 29.93    |
| <b>Leguminosen</b>                         | 1       | 18.22    | 0.00  | 0.00            | 19.00  | 26.34          | 62.30 | 17.84    |
|                                            | 2       | 30.53    | 0.00  | 20.24           | 22.44  | 35.00          | 84.50 | 26.63    |
|                                            | 3       | 17.26    | 3.81  | 15.98           | 19.30  | 21.95          | 23.24 | 7.09     |
|                                            | 4       | 21.01    | 7.10  | 12.79           | 16.92  | 22.07          | 60.83 | 15.08    |
| <b>proteinr_pfl_Nebenprod.<sup>2</sup></b> | 1       | 13.01    | 0.00  | 0.00            | 3.48   | 10.15          | 100.0 | 25.39    |
|                                            | 2       | 7.94     | 0.00  | 0.25            | 8.48   | 12.98          | 21.30 | 6.65     |
|                                            | 3       | 5.14     | 0.00  | 1.52            | 6.20   | 8.35           | 8.55  | 3.61     |
|                                            | 4       | 6.32     | 0.63  | 2.23            | 4.35   | 9.06           | 21.71 | 6.37     |
| <b>FM tier./mikrob.<sup>3</sup></b>        | 1       | 0.66     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 6.60  | 1.85     |
|                                            | 2       | 0.17     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.40           | 0.87  | 0.31     |
|                                            | 3       | 0.12     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 0.70  | 0.29     |
|                                            | 4       | 0.32     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 2.41  | 0.78     |
| <b>Öle</b>                                 | 1       | 0.51     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 6.10  | 1.41     |
|                                            | 2       | 0.03     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 0.20  | 0.06     |
|                                            | 3       | 0.82     | 0.00  | 0.00            | 0.27   | 1.37           | 3.00  | 1.19     |
|                                            | 4       | 1.24     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 1.75           | 6.54  | 2.20     |
| <b>Zusatzstoffe</b>                        | 1       | 3.73     | 0.00  | 0.00            | 1.00   | 3.38           | 45.10 | 8.21     |
|                                            | 2       | 3.96     | 0.00  | 0.00            | 3.02   | 6.34           | 11.65 | 3.91     |
|                                            | 3       | 1.74     | 0.00  | 0.85            | 1.75   | 2.95           | 3.13  | 1.32     |
|                                            | 4       | 3.83     | 0.00  | 1.14            | 2.91   | 4.73           | 14.29 | 4.23     |
| <b>Alleinfuttermittel</b>                  | 1       | 9.72     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 100.0 | 28.47    |
|                                            | 2       | 13.59    | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 100.0 | 32.28    |
|                                            | 3       | 0.00     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 0.00  | 0.00     |
|                                            | 4       | 0.00     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 0.00  | 0.00     |
| <b>Ergänzungsfuttermittel</b>              | 1       | 0.10     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 3.20  | 0.56     |
|                                            | 2       | 0.00     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 0.00  | 0.00     |
|                                            | 3       | 0.00     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 0.00  | 0.00     |
|                                            | 4       | 0.00     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 0.00           | 0.00  | 0.00     |
| <b>Sonstige</b>                            | 1       | 1.68     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 1.96           | 10.15 | 3.23     |
|                                            | 2       | 1.12     | 0.00  | 0.00            | 0.00   | 2.00           | 5.18  | 1.83     |
|                                            | 3       | 1.13     | 0.00  | 0.00            | 0.14   | 0.31           | 6.16  | 2.47     |
|                                            | 4       | 2.89     | 0.00  | 0.00            | 0.50   | 1.43           | 16.16 | 5.46     |

<sup>2</sup> Proteinreiche Nebenprodukte pflanzlicher Produktion

<sup>3</sup> Futtermittel tierischer oder mikrobieller Herkunft

#### Cluster=1

Cluster 1 kennzeichnet sich durch einen Futtermittelzukauf von durchschnittlich 45,1% Getreide und durchschnittlich 18,2 % Leguminosen aus. Auffällig für dieses Cluster ist der vergleichsweise hohe Anteil an proteinreichen Nebenerzeugnissen pflanzlicher Produkte in der Höhe von 13 %. Bei einigen der Projektbetriebe, die diesem Cluster angehören, wird der Zukauf ausschließlich durch Alleinfuttermittel abgedeckt, welche im Mittel 9,7 % des gesamten Futtermittelzukaufes ausmachen. Dieses Cluster weist die mengenmäßig geringsten Zukäufe aller Cluster auf, wodurch die guten Bilanzergebnisse dieses Clusters erklärt werden können. Zwei Betriebe dieses Clusters importieren zu 100 % Alleinfuttermittel.

#### Cluster=2

Kennzeichnend für Cluster 2 ist der hohe Leguminosenzukauf, mit einem Anteil von durchschnittlich 30 % am Gesamtfuttermittelimport. Dies erklärt, gemeinsam mit dem generell hohen Anteil an Zukaufsfuttermitteln, den hohen Mittelwert der N-Bilanzergebnisse (siehe Tabelle 19), da durch die Leguminosen vergleichsweise hohe Stickstoffmengen in den Betrieb eingebracht werden. Auch dieses Cluster zeichnet sich durch die Verwendung von Alleinfuttermittel mit einem Anteil von 13,6 % aus. Der Median liegt allerdings bei 0, was darauf hinweist, dass nicht alle Betriebe Alleinfuttermittel zukaufen. In diesem Cluster befindet sich lediglich ein Betrieb, der ausschließlich Alleinfuttermittel importiert.

#### Cluster=3

Über alle Cluster hinweg gesehen ist Cluster 3 mit einem Anteil von durchschnittlich 66,4 % am Gesamtfuttermittelimport durch den höchsten Getreideimport charakterisiert. Dieses Cluster weist auch mengenmäßig den höchsten Anteil an zugekauften Futtermitteln auf. Auffällig ist, dass die Betriebe dieses Clusters keine kommerziellen Ergänzungs- bzw. Alleinfuttermittel zukaufen.

#### Cluster=4

Auch Cluster 4 charakterisiert sich durch den Zukauf von hauptsächlich Getreide und Leguminosen, mit einem Gesamtanteil von über 70 % des Futtermittelimportes. Alle anderen Futtermittelkategorien haben nur einen geringen Einfluss auf die Zusammensetzung dieses Importbereiches. Auch die Betriebe dieses Clusters kaufen keine kommerziellen Ergänzungs- bzw. Alleinfuttermittel zu.

## 5.5 Reduktionspotentiale von Nährstoffüberschüssen bzw. -defiziten

Über alle Projektbetriebe hinweg gesehen stellt der Faktor „Import über Futtermittel bzw. Stroh“ die Haupteinflusskomponente im Bereich der N-Zufuhr dar (siehe Tabelle 19). Ein großer Teil der Betriebe kann den Futtermittelbedarf aufgrund relativ hoher Tierbesatzdichten nicht durch Eigenproduktion abdecken. Diese Betriebe sind daher gezwungen, die für die Schweineproduktion benötigten Futtermittel zuzukaufen. Ein weiterer Grund ist, dass einige der Betriebe zwar Ackerbau betreiben, die dadurch gewonnenen Futtermittel allerdings verkaufen und somit über wenig betriebseigene Futtermittel verfügen.

Daraus lässt sich jene Wirtschaftsweise empfehlen, Futtermittel möglichst betriebsintern zu produzieren, um den Zukaufsanteil möglichst niedrig zu halten.

Da das Schwein in ökologisch bewirtschaftenden Betrieben ein guter Verwerter für eine Vielzahl anfallender Nebenprodukte des Pflanzenbaus ist, ergibt sich daraus potenziell eine enorme Vielschichtigkeit in der Rationsgestaltung dieser landwirtschaftlichen Nutztierart. Allerdings kann dabei durch den primären Einsatz betriebseigener Futtermittel, sofern deren Inhaltsstoffe unzureichend bekannt sind, das genetische Leistungspotenzial der Schweine nicht optimal ausgeschöpft werden. Um eine ideale Einschätzung des tatsächlichen Futtereinsatzes zu erreichen, sollten die in den unterschiedlichen Tierkategorien eingesetzten Mengen gewogen werden. Somit kann eine Verringerung der Nährstoffverluste im Bereich der Fütterung erreicht werden (Stein-Bachinger et al., 2004).

Auf der Seite der N-Abfuhr haben die Faktoren „Export über den Tierverkauf“ sowie „Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste“ den größten Einfluss. Um die Stickstoffverluste im Stall zu reduzieren, ist es notwendig, die Futterrationen so zu gestalten, dass die Tiere möglichst optimal mit Rohprotein versorgt werden und somit das Emissionspotenzial aus wirtschaftseigenen Düngemitteln reduziert wird. Nach Hoegen und Pfeffer (1996) lässt sich dies durch Einführung der Phasenfütterung umsetzen, welche bereits bei 40 von den insgesamt 65 Projektbetrieben zur Anwendung kommt.

Ein weiteres Reduktionspotential des Faktors „Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste“ bringen die Lagerungsbedingungen des Fest- und Flüssigmistes mit sich (Stein-Bachinger et. al., 2004). Hierbei führt eine Trennung der Funktionsbereiche zu einer deutlichen Verminderung des Emissionspotentiales, wenn die Verschmutzung bzw. Vernässung der Flächen damit räumlich begrenzt werden kann.

Im Bereich der Freilandhaltung bringen die Faktoren *Besatzdichte* und *Bestoßungsdauer* Risikopotential mit sich. Steigende Besatzdichten führen zu verstärkten Nährstoffeinträgen in den Boden, bei gleichzeitiger Verringerung des Vegetationsdeckungsgrades. N- und P-Verluste über Auswaschung, Ausgasung und

Oberflächenabschwemmungen sind die Folgen davon. Basset- Mens et al. (2007) empfehlen Besatzdichten von <3000 kg LM/ha/a, um die natürliche Nährstoffspeicherungskapazität in Form von pflanzlicher Biomasse zu erhalten. Außerdem wird empfohlen, die Bestoßungszeiten unter einem Jahr zu halten, um eine vollkommene Zerstörung der Vegetationsdecke zu verhindern, sodass eine Regeneration der Flächen bis zur nächsten Koppelnutzung möglich ist.

## **5.6 Diskussion der Vorgehensweise der Untersuchung**

Eine Schwachstelle der verwendeten Datengrundlage bildet die Tatsache, dass entgegen der Empfehlung mehrerer Literaturquellen (Stein-Bachinger et al., 2004, Götz, 1997; Götz und Zehner, 1996 usw.) lediglich die Produktionsdaten eines Wirtschaftsjahres verwendet werden. Jährliche Schwankungen im Bereich Tierbesatz, Düngereinsatz, Futtermittelverbrauch, Düngemittelanfall, Fruchtfolge usw. werden dadurch nicht berücksichtigt. Dies führt zu Unsicherheiten in der Validität der Bilanzergebnisse, da sie möglicherweise nicht dem langjährigen Durchschnitt eines Betriebes entsprechen. Außerdem muss beachtet werden, dass die Daten vor allem im Bereich Futtermittelverbrauch hauptsächlich auf Schätzungen der Betriebsleiter basieren. Die Faktoren *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste* sowie *Freilandverluste* wurden aufgrund literarischer Daten berechnet und abgeleitet, wodurch es auch hier zu leichten Beeinträchtigungen in der Güte der Ergebnisse kommen kann.

## **5.7 Literaturvergleich**

Beim Vergleich der Ergebnisse mit Werten der Fachliteratur zeigen sich teils deutliche Unterschiede. Dies ist auf die unterschiedliche Wahl der Systemgrenzen zurückzuführen, da die berücksichtigten Einflussfaktoren innerhalb der bisher erstellten Studien variieren. Einen weiteren Differenzierungspunkt bilden die unterschiedlichen Betriebsmanagementsysteme.

In einer von Watson et al. (2002) durchgeführten Studie, wurden biologisch wirtschaftende Betriebe (hauptsächlich Rinderfarmen) auf ihre Nährstoffbilanzen untersucht. Insgesamt wurden 88 Nährstoffbilanzen auf Betrieben 9 verschiedener Länder erstellt. Mit N-Bilanzergebnissen von durchschnittlich +83,2 kg N/ha/a weisen diese Betriebe starke Nährstoffüberschüsse auf. Die Phosphorbilanzen hingegen liegen mit durchschnittlichen Wert von +3,6 kg P/ha/a im Optimalbereich. Hauptverursacher für die erhöhten Bilanzergebnisse sind die hohen Düngerkäufe.

Nielsen und Kristensen (2005) führten in den Jahren 1997-2002 ebenfalls Nährstoffbilanzierungen für die Elemente N und P auf dänischen

Schweinehaltungsbetrieben durch. Die in der Studie untersuchten Haltungssysteme entsprachen den Systemen der Indoor- und Outdoor-Haltung. Als Ergebnisse wurden N-Saldi von durchschnittlich +123 kg N/ha/a und + 13 kg P/ha/a ermittelt. Diese stark überschüssigen Werte erklären sich durch sehr hohe Futtermittelimporte und Düngerkäufe.

Beim Vergleich dieser Daten mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit wird sichtbar, dass die am ProPIG-Projekt teilnehmenden Betriebe im Mittel deutlich geringere und damit vergleichsweise gute Bilanzergebnisse aufweisen.

## 5.8 Schlussfolgerung

Abschließend können zur Beantwortung der eingangs gestellten Forschungsfragen (Bereiche der Nährstoffüberschussbildung und dessen Reduktionspotentiale, Unterschiede in den Bilanzsaldi zw. den einzelnen Haltungssystemen und betriebsspezifische Bilanzcharakteristika) folgende Aussagen getätigt werden:

Hauptverantwortlich an den Nährstoffüberschüssen zeigt sich der Faktor *Import über Zukauf von Futtermittel und Stroh*, welcher somit den größten Risikofaktor darstellt. In diesem Bereich liegt folge dessen das größte Potential, auftretende Nährstoffüberschüsse zu reduzieren.

Das Haltungssystem hat bei Betrachtung der N-Bilanzergebnisse keinen signifikanten Einfluss auf dessen Werte. Bei Betrachtung der P-Bilanzergebnisse hingegen kommt es zu signifikanten Unterschieden zwischen den einzelnen Haltungssystemen. Dabei weisen jene Betriebe, die dem Indoor-Haltungssystem angehören, niedrigere Bilanzergebnisse auf als jene Betriebe, die den beiden anderen Haltungssystemen angehören. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Indoor-Betriebe einerseits etwas geringere *Nährstoffimporte über die Futtermittelkäufe* aufweisen und andererseits die hohen P-Importmengen durch hohe *Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste* bzw. höhere P-Exportmengen im Bereich *Verkauf von Marktfrüchten* kompensieren können.

Bei Durchführung der Clusterung der Betriebe werden jene betriebsspezifischen Merkmale aufgezeigt, anhand derer sich die Stickstoff- und Phosphorbilanzergebnisse unterscheiden. Auch hier wird sichtbar, dass die Einflussgröße *Import über Zukauf von Futtermittel und Stroh* den entscheidenden Faktor bildet.

Anhand dieser Erkenntnisse lässt sich jene Wirtschaftsweise empfehlen, Futtermittel möglichst betriebsintern zu produzieren, um den *Nährstoffimport über den Zukauf von Futtermittel* möglichst niedrig zu halten. Generell ist ein sachgemäßer Umgang mit den im Betriebskreislauf vorhandenen Nährstoffen unabdingbar.

## Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Nährstoffbilanzen biologisch wirtschaftender Schweinebetriebe mit unterschiedlicher Haltungssysteme zu erstellen. Insgesamt standen 75 Projektbetriebe in 8 europäischen Ländern für die N- und P-Bilanzerstellung zur Verfügung. Für insgesamt 65 Betriebe konnten aussagekräftige Bilanzen erstellt werden. Die Ergebnisse wurden auf Ebene der Haltungssysteme Indoor, Partly Outdoor und Outdoor verglichen und einzelne Einflussgrößen auf ihre Bedeutung in Hinblick auf das Bilanzergebnis getestet. Anhand der Ergebnisse wurden Bereiche aufgezeigt, in denen Reduktionsmöglichkeiten von Nährstoffüberschüssen bestehen. Im Bereich Stickstoff wurde eine große Variation zwischen den einzelnen Projektbetrieben, nicht aber zwischen den einzelnen Haltungssystemen festgestellt. Die Haltungssysteme unterschieden sich hinsichtlich der Phosphor-Bilanzen signifikant. Dabei kam es zu signifikanten Unterschieden zwischen den Indoor-Betrieben und den Partly Outdoor-Betrieben, ebenso wie zwischen den Indoor-Betrieben und den Outdoor-Betrieben. Jene Betriebe, welche dem System der Indoor-Haltung angehören, hatten niedrigere Bilanzergebnisse als die Betriebe der beiden anderen Haltungssysteme. Dies ist hauptsächlich auf die geringeren Phosphorimporte im Bereich Futtermittelzukauf zurückzuführen. Bei beiden bilanzierten Nährstoffen wurden sowohl Überschüsse, als auch Defizite ermittelt. Hauptverantwortlich an den Nährstoffüberschüssen zeigte sich der Faktor *Import über Zukauf von Futtermittel und Stroh*, welcher somit den größten Risikofaktor darstellt. Ausschlaggebend für den hohen Futtermittelimport sind die teilweise sehr hohen Besatzdichten, bei gleichzeitig kleinen Betriebsflächen. Dies führt dazu, dass der Futtermittelbedarf nicht durch Eigenproduktion abgedeckt werden kann und es zu hohen Nährstoffeinträgen über den dadurch notwendigen Futtermittelimport kommt.

In der Ökologischen Schweinehaltung resultiert das Potenzial zur Verringerung von Umweltbelastungen aus dem Ausmaß des sachgemäßen Umganges mit den im Betriebskreislauf vorhandenen Nährstoffen. Um eine möglichst ausgeglichene Bilanz zu erreichen, ist es daher von Vorteil, die Besatzdichten an die ackerbaulichen Gegebenheiten des Betriebes anzupassen. Dauerhaft positive Bilanzergebnisse führen zur Belastung der Umwelt und gleichzeitig zu ökonomischen Einbußen, da ein Teil des Importes von Futter- bzw. Düngemittel ungenutzt bleibt. Über längere Zeit negative Nährstoffbilanzen hingegen führen zur Verarmung der Nährstoffe in den Böden, was wiederum zu wirtschaftlichen Einbußen am Betrieb führen kann. Bodenbewirtschaftung und Tierhaltung müssen im Einklang stehen, um die Umweltbelastungen zu minimieren.

## **Abstract**

The aim of the present work was to calculate nutrient balances for organic pig fattening and breeding farms. 75 project farms with 3 different husbandry systems were located in eight European countries.

Balance sheets on individual farm level were based on the total farm gate balance. The results were compared at systems level Indoor, Outdoor and Partly Outdoor and the impact of the individual input and output factors was tested. Based on the results, options for a reduction of nutrient surplus were discussed. Differences were found regarding Nitrogen between the individual farms, but not between the farming systems. However, there were significant differences in the results of the phosphorus balances, between individual farms as well as at husbandry system level. Nutrient surplus was mainly caused by the factor “import via purchase of feed and straw”, which represents the highest risk factor for unbalanced N- and P- balances. High stocking densities and small farm areas are leading to high nutrient inputs because the feed demand cannot be covered by own production. The result is a high feed import.

In organic pig farming it is important to manage nutrient cycles properly. Thereby environmental pollution can be reduced. To achieve balanced nutrient balances as far as possible, it is advantageous to adapt the stocking densities to the agricultural conditions of the farm. Permanently positive balances lead to the pollution of the environment, while economic losses as a consequence of large imports of feed and fertilizer remain. Over time, negative nutrient balances on the other hand lead to the depletion of nutrients in the soil, which in turn can lead to economic losses in the operation. Soil management and animal husbandry must be consistent in order to minimize the environmental impact.

# Literaturverzeichnis

AGRAR MARKT AUSTRIA - AMA (2012): Daten und Fakten der AgrarMarkt Austria für den Bereich Vieh und Fleisch K-Ö – Lebend- und Schlachtgewichte, Schlachtausbeute, Schlachtungen sowie Fleischanfall; 3. AMA, s.l.;

BASSET-MENS, C.; VAN DER WERF, H.M.G.; ROBIN, P.; MORVAN, T.; HASSOUNA, M.; PAILLAT, J.-M. UND VERTÈS, F. (2007): Methods and data for the environmental inventory of contrasting pig production systems. Journal of Cleaner Production 15; 1395-1405.

BRANDHOFER, R. (unveröffentlicht): Umweltwirkungen biologischer Schweinehaltung: Vergleich zweier Haltungssysteme auf Basis des THG- Potentials sowie einer Stickstoff- und Phosphorbilanz. Universität für Bodenkultur, Wien;

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT (2012): Biologische Landwirtschaft in Österreich. 6., überarbeitete Auflage, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien;

BRAUN, M.; HURNI, P. UND SPIESS, E. (1994): Phosphor- und Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft und Paralandwirtschaft. In: FAC-1994;

DLG VERLAG (1991): DLG-Futterwerttabellen – Schweine. 6., erweiterte und völlig neu gestaltete Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main;

DOURMAD, J.-Y.; RYSCHAWY, J.; TROUSSON, T.; GONZALEZ, J.; HOUWERS, H.W.J.; HVIID, M.; NGUYEN, T.L.T. UND MORGENSEN, L. (2012): Evaluation of the environmental sustainability of different european pig production systems using life cycle assessment; s.l.;

ERIKSEN, J. (2001): Implications of grazing bay sows for nitrate leaching from grassland and the succeeding cereal crop. Grass and Forage Science 56; 317-322.

FOODNUTRITION TABLE (2014): Nutrition Value of Foods. (abrufbar unter <http://www.foodnutritiontable.com/nutritions>), 28.05.2014.

- FREYER, B. UND PERCIN, C. (1996): Nährstoffhaushalt in biologisch bewirtschafteten Betrieben. Agrarforschung 3/1, s.l.;
- FROSSARD, E.; JULIEN, P.; NEYROUD J.-A. UND SINAJ, S. (2004): Phosphor in Böden, Düngern, Kulturen und Umwelt – Situation in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 368; s.l.;
- GÖTZ, B. (1997): Stoffbilanzierung in der Landwirtschaft – Ein Instrument für den Umweltschutz. Umweltbundesamt, Wien; 11-353.
- GÖTZ, B. UND ZETHNER, G. (1996): Regionale Stoffbilanzen in der Landwirtschaft – Der Nährstoffhaushalt im Hinblick auf seine Umweltwirkung am Beispiel des Einzugsgebietes Strem. Umweltbundesamt, Wien;
- GUSTAFSON, G.; SALOMON, E.; JONSSON, S. UND STEINECK, S. (2003): Fluxes of K, P, and Zn in a conventional and an organic dairy farming system through feed, animals, manure, and urine - a case study at Ojebyn, Sweden. European Journal of Agronomy 20 (1/2); 89-99.
- HALBERG, N.; HERMANSEN, J.E.; KRISTENSEN, I.S.; ERIKSEN, J.; TVEDEGAARD, N. UND PETERSEN, B.M. (2010): Impact of organic pig production systems on CO<sub>2</sub> emission, C sequestration and nitrate pollution. Agronomy for Sustainable Development 30; 721-731.
- HOEGEN, B. UND PFEFFER, E. (1996): Nährstoffangepasste Fütterung – Möglichkeiten und Grenzen. Forschungsbericht; Heft Nr.41. Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn;
- IFOAM (2014): International Federation of Organic Agriculture Movements IFOAM Norms. (abrufbar unter: <http://www.ifoam.org>), 20.10.2014.
- JANDL, S. (2013): Nährstoffbilanzen von biologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben im Grünlandgebiet bei reduziertem Krafftuttereinsatz. Universität für Bodenkultur, Wien;
- KOEPPF, H.; KAFFKA S. UND SATTLER, F. (1989): Nährstoffbilanz und Energiebedarf im landwirtschaftlichen Betriebsorganismus. Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart;

- LAD (2010): Informationen zur Düngung. Landesarbeitskreis Düngung Baden-Württemberg, LAD, K+S Kali GmbH (Hrsg.), 4. Auflage. Baden-Württemberg. (abrufbar unter: [http://www.kali-gmbh.com/de/pdf-news/info\\_20100823\\_lad\\_bw\\_rotet\\_heft.pdf](http://www.kali-gmbh.com/de/pdf-news/info_20100823_lad_bw_rotet_heft.pdf)), 10.05.2014.
- LEEB, C. (2011): ProPIG: Farm specific strategies to reduce environmental impact by improving health, welfare and nutrition of organic pigs. 2011 - 2014. University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU). (abrufbar unter: <http://orgprints.org/20408/>), 02.10.2014.
- LEEB, C.; RUDOLPH, G.; BOCHICCHIO, D.; BUTLER, G.; DIPPEL, S.; DOURMAD, J.Y.; EDWARDS, S.; FRÜH, B.; ILLMANN, G.; PRUNIER, A.; ROUSING, T. UND WINCKLER, C. (2014): ProPig - Betriebsspezifische Strategien zur Reduktion des Umwelteinflusses durch Verbesserung von Tiergesundheit, Wohlergehen und Ernährung von Bioschweinen. Fachtagung für biologische Landwirtschaft 2014, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg- Gumpenstein; 1-3.
- NIELSEN, A.H. UND KRISTENSEN, I.S. (2005): Nitrogen and phosphorous surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics. *Livestock Production Science* 96; 97-107.
- N.N. (2013): Landkalender 2013 – Fach- Schreib- und Hauskalender für den ländlichen Raum; Hrsg: Landwirt Agrarmedien GmbH. Graz;
- ÖBORN, I.; EDWARDS, A.C.; WITTER, E.; OENEMA, O.; IVARSSON, K.; WITHERS, P.J.A.; NILSSON, S.I. UND RICHERT STINZING, A. (2003): Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy* 20; 211-225.
- PRILLER, H. (S.A.): Excel Fütterungsprogramm für Schweine. Landwirtschaftskammer Oberösterreich – Beratungsstelle für Tierproduktion; Wels;
- RIGOLOT, C.; ESPAGNOL, S.; POMAR, C. UND DOURMAD, J.-Y. (2010): Modelling of manure production by pigs and NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions. Part I: animal excretion and enteric CH<sub>4</sub>, effect of feeding and performance. *Animal* 4; 1401-1412.

- ROGASIK, J.; FUNDER, U. UND SCHNUG, E. (2004): Kommen wir im Jahr 2025 zu geschlossenen Nährstoffkreisläufen? In: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 274, Braunschweig;
- SALOMON, E.; AKERHIELM, A.; LINDAHL, C. UND LINDGREN, K. (2007): Outdoor pig fattening at two Swedish organic farms—Spatial and temporal load of nutrients and potential environmental impact. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121; 407-418.
- SOIL ASSOCIATION (2010): A rock and a hard place: Peak phosphorus and the threat to our food security. Soil Association; Bristol; 2-3.
- SÖLLRADL, W. (2012): Agrarumweltpolitische Maßnahmen für eine grundwasserverträgliche Landbewirtschaftung –dargestellt am Beispiel der Stickstoffproblematik. Universität für Bodenkultur; Wien; 49-50.
- STEIN-BACHINGER, K.; BACHINGER, J. UND SCHMITT, L. (2004): Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau. KTBL-Schrift 423; Kuratorium für Landtechnik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt; 13-123.
- WATSON, C.A. UND ATKINSON, D. (1999): Using nitrogen budgets to indicate nitrogen use efficiency and losses from whole farm systems: a comparison of three methodological approaches. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53; 259-267.
- WATSON, C.A; BENGTSSON, H.; EBBESVIK, M.; LÜES, A-K.; MYRBECK, A.; SALOMON, E.; SCHRODER, J. UND STOCKDALE, E.A. (2002): A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. In: *Soil Use and Management* 18; 264-273.
- WILLIAMS, J.R.; CHAMBERS, B.J.; HARTLEY, A.R.; ELLIS, S. UND GUISE, H.J. (2000): Nitrogen losses from outdoor pig farming systems. *Soil Use and Management* 16; 237-243.

# Anhang

Betrieb

Betriebsart:

Gesamte landw. NFl. (ha)

Tiere

**Input**

Anz. Abgesetzter Ferkel/Jahr

Anz gemästeter Schweine/Jahr

Remontierungsrate (%)

Durchschn. Anz Sauen am Betrieb

Anz. Zugekaufter Mastschweine/Jahr (30kg LG)

**Output**

Anz. Verkaufter/abgehender Sauen/Jahr

durchschn. LG Sau bei der Schlachtung (kg)

Anz. Verkaufter Mastschweine/Jahr (ca. 30 kg LG)

Anz. Verkaufter Schlachttiere/Jahr

LG bei Schlachtung

**Stall- Lagerungs- Ausbringungsverluste<sup>1)2)</sup>**

|                                            | Sauen (inkl. Saugferkel) | Absetzferkel | Mastschweine | Gesamt (kg N/Jahr) |
|--------------------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------------|
| Gasförmige Verluste Stall (kg N/Tier/Jahr) |                          |              |              | 0.0                |
| Lagerungsverluste (kg N/Tier/Jahr)         |                          |              |              | 0.0                |
| Kompostierung (kg N/Tier/Jahr)             |                          |              |              | 0.0                |
| Ausbringungsverluste (kg N/Tier/Jahr)      |                          |              |              | 0.0                |

**Freiland**

|                                                          |  |                               |  |
|----------------------------------------------------------|--|-------------------------------|--|
| <i>Koppelgröße</i>                                       |  | ha                            |  |
| <i>Besatzdichte</i>                                      |  | kg LG/ha/J                    |  |
| <i>Dauer der Bestoßung</i>                               |  | Jahre                         |  |
| <i>theoretische NO<sub>3</sub>-Verluste (s. Tabelle)</i> |  | kg NO <sub>3</sub> -N/ha/Jahr |  |
| <i>theoretische NH<sub>3</sub>-Verluste (s. Tabelle)</i> |  | kg NH <sub>3</sub> -N/ha/Jahr |  |
| <i>theoretische N<sub>2</sub>O-Verluste (s. Tabelle)</i> |  | kg N <sub>2</sub> O-N/ha/Jahr |  |

Annahme: (Asymbiontische N-Fixierung+Atmosphärische Deposition)-Denitrifikation = +/-0 (nach Stein-Bachinger et a. (2004, 121)

**1Ackerbau/Futtermittel**

|                                   | <u>Zukauf</u>            | <u>Verkauf</u>          |                     |                    |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|
| Art des Futtermittels/Ackerfrucht | Zugekaufte Menge (kg FM) | Verkaufte Menge (kg FM) | XP-Gehalt (% id FM) | P-Gehalt (% id FM) |
|                                   |                          |                         |                     |                    |
|                                   |                          |                         |                     |                    |

**Symbiontische N-Fixierung****Leguminosen in der Fruchtfolge:**

| <i>Art</i> | <i>Fläche (ha)</i> | <i>Ertrag (t FM/ha)</i> | <i>TM-Gehalt (%)</i> |
|------------|--------------------|-------------------------|----------------------|
|            |                    |                         |                      |

**Saatgutzukauf**

| <i>angebaute Kulturart</i> | <i>Anbaufläche (ha)</i> | <i>XP-Gehalt (% FM)</i> | <i>P-Gehalt (%FM)</i> | <i>Gesamtaussaatmenge (kg)</i> |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                            |                         |                         |                       |                                |

Abbildung 13: Eingabemaske N Bilanzierung, verändert nach Brandhofer (2014)

## Phosphor

## Betriebsgröße (ha)

### Tiere

#### Input

Anz. Abgesetzter Ferkel/Jahr  
Anz gemästeter Schweine/Jahr  
Remontierungsrate (%)  
Durchschn. Anz Sauen am Betrieb  
Anz. Zugekaufter Mastschweine/Jahr (30kg LG)

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

#### Output

Anz. Verkaufter Sauen/Jahr  
LG Sauen bei der Schlachtung (kg)  
Anz. Verkaufter Mastschweine/Jahr (30 kg LG)  
Anz. Verkaufter Schlachttiere/Jahr

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |

kg

**Lebendgewicht** bei Schlachtung

kg

#### Freiland

Besatzdichte (kg LG/ha/Jahr)  
Dauer der Bestoßung (Monate)  
P-Anfall (kg/ha/Jahr)<sup>2)</sup>

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

ungeklärter Rest (=als ausgewaschen bzw. Abgeschwemmt angenommen)

## Ackerbau/Futtermittel

| Art des Futtermittels/Ackerfrucht | Zukauf                   | Verkauf                 | P-Gehalt (% id FM) |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|
|                                   | Zugekaufte Menge (kg FM) | Verkaufte Menge (kg FM) |                    |
|                                   |                          |                         |                    |
|                                   |                          |                         |                    |

| Düngerart (Handelsbezeichnung) | zugekaufte Menge (kg/Jahr) |
|--------------------------------|----------------------------|
|                                |                            |

| angebaute Kulturart | Anbaufläche (ha) | P-Gehalt (%FM) | Gesamtaussaatmenge (kg) |
|---------------------|------------------|----------------|-------------------------|
|---------------------|------------------|----------------|-------------------------|

[illegible]

75