

**Einfluss der Feldstruktur und der Arbeitsbreite von
österreichischen Ackerbaubetrieben auf das
Treibstoffeinsparungspotential durch die Nutzung von RTK
gestützten Lenksystemen**

Masterarbeit

an der Universität für Bodenkultur

Masterstudium:

Stoffliche und energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe

vorgelegt von

Lukas Hauser

betreut von

Dipl.-Ing. Dr. Norbert Barta

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Alexander Bauer

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Gronauer

Wien, 29.4.2021

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Danksagung

Ich bedanke mich hiermit bei Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Gronauer für die Zuteilung des Themas der Diplomarbeit. Besonders bedanke ich mich bei Dr. Norbert Barta für die Betreuung und Hilfestellung bei der Verfassung dieser Arbeit. Hierfür danke ich weiters Msc. Julia Schuster, Dr. Alexander Bauer und Dr. Viktoria Motsch. Ebenfalls bedanke ich mich bei der Firma Lacos für das zur Verfügung stellen ihrer Software und speziell bei Maria Umann, welche mir bei der Einarbeitung behilflich war. Auch bedanke ich mich bei Dr. Bernhard Spangl für die Unterstützung und Hilfestellung bei Fragen zur statistischen Auswertung.

Kurzfassung

Ziel dieser Untersuchung war das Energieeinsparungspotential durch Einsatz von automatischen Lenksystemen (ALS) auf österreichischen Ackerflächen zu evaluieren. Dazu mussten Informationen über Arbeitsbreiten der Geräte, die Verbreitung von ALS, Feldinformationen und die durch ALS erzielten Treibstoffeinsparungen erfasst werden. Arbeitsbreite und Verbreitung von ALS wurden mittels Fragebogen erhoben. Die Flächenparameter und Feldkennziffern wurden auf Basis des INVEKOS-Datensatzes ausgewertet und mittels Statistik und Clusteranalyse untersucht. Für 250 Felder wurden mit einer Software Fahrspuren in einem automatischen und manuellen Lenkszenario geplant. Darauf basierend wurde das Energieeinsparpotenzial in den Bundesländern errechnet. Die erzielten Ergebnisse zeigen geringe Unterschiede in den Arbeitsbreiten der Anbaugeräte für den Ackerbau in Österreich. Der Median der Arbeitsbreiten liegt bei Sägeräten und den meisten Bodenbearbeitungsgeräten bei 3m. Beim Einsatz von ALS wurden wenig Unterschiede zwischen verschiedenen Gebieten in Österreich festgestellt. Rund 37% der befragten Teilnehmer gaben an, ALS oder Lenkhilfen zu verwenden. Ein erhöhter Einsatz von ALS wurde bei größeren Betrieben festgestellt. Statistische Analysen ergaben signifikante Unterschiede in den Feldgrößen und Feldkennzahlen zwischen den Bundesländern. Die statistische Analyse des errechneten Treibstoffeinsparpotenzials auf Basis der Fahrspurlänge zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Clustern der Feldformen. Bei einer Feldbreite unter 28m, in Kombination mit 5m Arbeitsbreite, ergab sich eine signifikant geringere Treibstoffeinsparung im Vergleich zu größeren Feldbreiten. Aufgrund des geringen Flächenanteils dieser Felder in den Bundesländern von 0,5 % bis 13,5 % wirkt sich dies nur geringfügig auf das Energieeinsparpotenzial aus. Es ergeben sich Energieeinsparungspotentiale durch ALS von 1.000 bis 10.000 MWh je nach Verfahrensschritt bei Saat und Bodenbearbeitung.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the energy saving potential given by use of automated steering systems (ASS) on Austrian arable fields. For such an evaluation information about working width of the implements, the dissemination of ASS, field information's and savings gained by ASS had to be known. Working width and the use of ASS were surveyed by means of a questionnaire. The area parameters and field indices were evaluated based on the INVEKOS dataset and investigated by statistical and cluster analysis. For a random sample of 250 fields tracks were planned in an automatic and manual steering scenario using a special software. Based on these results, the energy saving potential in the federal states in Austria was estimated. The results accomplished show beside some exceptions little differences in working widths of implements for crop farming across Austria. The median working width is around 3 m for seeding implements and for most of the tillage implements. In the use of ASS little differences were found between different areas in Austria. Around 37% of the surveyed participants stated that they use ASS or steering aids. An increased use of ASS was found in bigger farm sizes. Statistical analyses showed significant differences in field sizes and field indices between the federal States of Austria. The statistical analysis of the calculated saving potential based on the track length showed no significant difference between different clusters. The field width showed reduced fuel savings based on track for 5 m working width in combination with a field width under 28 m. Due to the small share of area of these fields in the Federal States of 0.5% to 13.5%, this has a minor effect on the energy saving potential. The energy saving potentials due to ASS for seeding and tillage of the total cropping land of Austria reaches between the different implements from around 1,000 to around 10,000 MWh depending on the process step.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
1 Einführung.....	1
2 Problemstellung.....	3
3 Zielsetzung	5
4 Material und Methode.....	6
4.1 Untersuchungsgegenstand.....	6
4.2 Datenerhebungsverfahren	6
4.2.1 Fragebogen.....	6
4.2.2 Feldformen.....	7
4.2.3 Feldbefahrungsdaten	10
4.3 Datenanalyse und Auswertung.....	11
4.3.1 Analyse und Auswertung des Fragebogens.....	12
4.3.2 Analyse und Auswertung der räumlichen Indizes	15
4.3.3 Analyse und Auswertung der Feldbefahrungsdaten	17
4.3.4 Berechnung des Energieeinsparungspotentials.....	18
5 Ergebnisse und Diskussion	21
5.1 Ergebnisse der statistischen Auswertung des Fragebogens	21
5.1.1 Betriebsgrößen der befragten Betriebe	21
5.1.2 Arbeitsbreiten der Anbaugeräte	25
5.1.3 Bewirtschaftungsart (Bio ja-nein)	35
5.1.4 Anlegen von Fahrgassen	38
5.1.5 Lenksysteme und Nutzung von RTK-Signal.....	41
5.1.6 Art der Wendemanöver	48
5.1.7 Teilbreitenschaltung.....	49

5.1.8	Baujahr und PS der genutzten Traktoren.....	56
5.2	Ergebnisse der statistischen Auswertung der räumlichen Indizes	63
5.2.1	Shape Index (SI)	64
5.2.2	Konvexe Hülle (kH)	65
5.2.3	Minimal begrenzende Geometrie (mbG).....	65
5.2.4	Ergebnisse der Clusteranalyse	66
5.3	Ergebnisse der Auswertung Feldbefahrungsdaten.....	71
5.3.1	Spurlänge.....	71
5.3.2	Anzahl der Wendungen	74
5.3.3	Unterlapp	75
5.4	Ergebnisse der Berechnung des Energieeinsparungspotentials	76
6	Schlussfolgerungen	80
7	Weiterführende Arbeiten.....	82
8	Literaturverzeichnis	84
9	Abkürzungsverzeichnis.....	87
10	Abbildungsverzeichnis	88
11	Tabellenverzeichnis	93
12	Formelverzeichnis.....	94
13	Anhang	95
13.1	Gestellte Fragen des Fragebogens	95
13.2	Aus dem LACOS FieldPlanner 2.8.0.0 generierte Parameter:	97

1 Einführung

Im österreichischen Ackerbau werden heute Wege gesucht, um eine effizientere und schonendere Bewirtschaftung der Böden zu erreichen. Durch den Strukturwandel der österreichischen Ackerbaubetriebe hin zu immer größeren Betrieben, der stetig voranschreitet, werde sich vermutlich neue Herausforderungen ergeben, um in Zukunft immer mehr Fläche pro Betrieb zu bearbeiten (BMNT, 2019).

Dies geht einher mit dem sogenannten Digital Farming, das sich Schritt für Schritt in Österreich etabliert und neue Möglichkeiten der Analyse und Verbesserung der Arbeitsverfahren mit sich bringt (Schukat et al., 2019).

Unter Industrie 4.0 wird laut Schukat et al. (2019) der stetige Wandel der Industrie („vierte industrielle Revolution“) verstanden. Digital Farming stellt die entsprechende Entwicklung in der Landwirtschaft dar und kann in Precision- und Smart Farming unterschieden werden. Unter Precision Farming werden digital aufbereitete Informationen verstanden, welche dem Landwirt zur Verfügung stehen. Unter Smart Farming wird hingegen die Vernetzung verschiedenster Bereiche der Landwirtschaft in Echtzeit und die darauf basierende, oft autonome Arbeitsweise von Maschinen zusammengefasst (Schukat et al., 2019). In diesen Bereich fallen auch Lenkassistenten und Lenkautomaten, die für eine Verringerung der Überlappung der Fahrspuren sorgen und zum Teil den Fahrer entlasten. Diese Lenksysteme können in Kombination mit Teilbreitenschaltung und flächenspezifischer Ausbringung eine gezieltere und differenziertere Ausbringung ermöglichen (Pohl et al., 2019) und Arbeitserledigungskosten einsparen (Landerl, 2009).

Auf Grund des permanent vorhandenen Preisdrucks im Agrarsektor und der in den letzten Jahren gestiegenen Treibstoffpreise, wird im Ackerbau auf die Treibstoffeffizienz vermehrt geachtet, da diese einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Gesamtausgaben eines Betriebes hat. Zudem mindert der nicht verwendete Treibstoff nicht nur die Ausgaben, sondern auch die Abgase, die nach der Verbrennung in die Atmosphäre gelangen.

Um die Treibstoffeffizienz zu beurteilen und Einsparungspotentiale so gut als möglich zu nutzen, ist es notwendig die sie beeinflussenden Parameter und ihre jeweilige Gewichtung zu kennen.

An diesem Punkt soll die Arbeit ansetzen, um Aussagen über Treibstoffeinsparungspotentiale auf österreichischen Ackerflächen, mit der in der landwirtschaftlichen Praxis gegebenen Mechanisierung, tätigen zu können.

2 Problemstellung

In der heutigen Zeit ist die Globale Erwärmung ein permanentes Thema in der Politik und Gesellschaft. Laut #mission2030 (BMNT and BMVIT, 2018) wurde vom Europäischen Rat festgelegt, bis zum Jahr 2030 Einsparungen an Treibhausgasen von 40% gegenüber 1990 zu erreichen. An den im Jahr 2016 energetischen Endverbrauch in Österreich von 1121 Petajoule hat die Landwirtschaft mit 21,8 Petajoule nur einen geringen Anteil von knapp 2 % (BMNT and BMVIT, 2018). Trotzdem werden in Zukunft in der Landwirtschaft Maßnahmen zur Energieeinsparung ergriffen werden müssen.

Einen wesentlichen Teil des Energieverbrauchs in der österreichischen Landwirtschaft macht laut Engelmann und Ladinig (2017) mit 40% der Treibstoffverbrauch aus, durch welchen 50% der Energiekosten in der österreichischen Landwirtschaft entstehen. Aus dem Grünen Bericht 2019 (BMNT) ist zu entnehmen, dass im Jahr 2017 in Österreich 6,496 Millionen Tonnen Diesel verbraucht wurden an denen der Bereich Land- und Forstwirtschaft mit 216.052 Tonnen beteiligt war. Dies sind 3,3% des österreichweiten Dieserverbrauchs im Jahr 2017.

Der Treibstoffverbrauch in der Landwirtschaft soll nicht nur aufgrund der Treibhausgasemissionen verringert werden, sondern auch um Kosten zu senken. Laut Agrarischer Ausblick Österreich 2025 (LKÖ, 2016) ist die Nettowertschöpfung zu Herstellungspreisen in der Landwirtschaft im Jahr 2015, im Vergleich zum Jahr 2000, um 28,2% geringer ausgefallen und es wird angenommen, dass in Zukunft die Ölpreise steigen werden. Die Agrarmärkte werden kaum durch Protektion geschützt werden. Eine höhere Treibstoffeffizienz, verbunden mit einer Kostenreduktion, kann somit zu stabileren Betrieben bei offenen Märkten führen.

Ein möglicher Ansatz, um die österreichische Landwirtschaft auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu erhalten, könnte die Förderung von Precision Farming sein. Engelmann und Ladinig (2017) schätzen, dass durch Precision Farming im Ackerbau ein erhebliches Einsparungspotential an Dünger und Treibstoff besteht. Im Ackerbau ist also ein nicht zu vernachlässigendes Einsparungspotential vorhanden, wenn man bedenkt, dass von den im Jahr 2016 2,67 Millionen Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche in Österreich, 1,34 Millionen Hektar, also fast die Hälfte, als Ackerland eingestuft wurde (BMNT, 2019).

Speziell mit dem Einsatz von Lenksystemen können Treibstoffeinsparungen erzielt werden und darüber hinaus noch der Fahrer entlastet werden. Diese Entlastung des Fahrers wird in Zukunft immer notwendiger werden, da die Zahl der in der Land- und Forstwirtschaft regelmäßig beschäftigten Personen bis zum Jahr 2025 laut Agrarischer Ausblick Österreich 2025 (LKÖ, 2016) auf unter 80.000 Personen fallen kann. Der sich somit ergebende Trend hin zu immer größeren Betrieben, welcher laut Grünen Bericht 2019 (BMNT) auch auf EU-Ebene zu erkennen ist, würde die Arbeitsbelastung pro Person steigern.

Laut Kelc et al. (2019) kann durch Real Time Kinematic (RTK) gestützte Bodenbearbeitung, bei 3 m Arbeitsbreite, bis zu 15,7% an Zeit und 8,66% an Treibstoff im Vergleich zur manuellen Befahrung eingespart werden. Bei 6 m Arbeitsbreite sind diese Einsparungen leicht geringer. Diese Studie wurde in Slowenien nur auf zwei kleinen, identischen Flächen durchgeführt. Für österreichische Ackerbaubetriebe konnten diesbezüglich keine Informationen gefunden werden.

In den Untersuchungen von Holpp et al. (2013) wurde bei der Boden- und Saatbeetbearbeitung und beim Säen, trotz signifikant genauer Befahrung der Felder, nur ein geringer Effekt durch Lenksysteme auf die betrachteten Parameter gemessen. Faktoren wie die Feldform, die Arbeitsbreite und die Erfahrung des Fahrers beeinflussten die gemessenen Parameter laut Holpp et al. (2013) mehr als Spurführungssysteme. Auch laut Larson et al. (2016) haben die Feldgröße und die Feldform einen wesentlichen Einfluss auf die Effizienz der automatisch geschalteten Teilbreiten. Genauere Informationen zu Feldformen oder räumlichen Indizes der österreichischen Ackerflächen fehlen jedoch.

Aus den oben angeführten Informationen kann schlussfolgernd gesagt werden, dass durch Precision Farming und speziell durch Lenksysteme Energieeinsparungen, in Form von Treibstoff, in der Landwirtschaft möglich sind.

3 Zielsetzung

Ziel dieser Meisterarbeit ist es, Treibstoffeinsparungspotentiale, die durch Einsatz von RTK gestützten Lenksystemen bei der Bodenbearbeitung und der Aussaat im österreichischen Ackerbau erzielt werden können, aufzuzeigen.

Das oben genannte Globalziel wird in folgende Unterziele gegliedert:

1. Erlangung von Kenntnissen über den Mechanisierungsgrad und die Betriebsgrößen im österreichischen Ackerbau mittels statistischer Auswertung eines Fragebogens.
2. Einteilung der Ackerbauflächen der InVeKos-Datenbank in Gruppen, mittels statistischer Verfahren. Hierfür werden räumliche Indizes verwendet, welche mit GIS-Programmen aus den InVeKos-Daten generiert wurden.
3. Simulation der Befahrung von zufällig ausgewählten Feldstücken mit Hilfe einer Spurplanungssoftware, um Einsparungspotentiale auf Basis des Überlapps zu erheben.
4. Analyse der mittels Spurplanung zu erreichenden Einsparungen und Berechnung der österreichweiten Einsparungspotentiale bei Verwendung verschiedener Anbaugeräte sowie die Identifizierung eventueller Unterschiede in den Bundesländern.

4 Material und Methode

4.1 Untersuchungsgegenstand

Im Zentrum des Forschungsinteresses dieser Masterarbeit stehen die Ackerbaubetriebe Österreichs.

Der Fokus liegt auf der Mechanisierung der Betriebe, im speziellen auf den Arbeitsbreiten der Anbaugeräte, auf der Nutzung von Teilbreitenschaltung, auf der Art der Teilbreitenschaltung, auf den Einsatz von Lenksystemen und auf der Nutzung von RTK korrigierte Globale Navigations Satellitensysteme (GNSS).

Weiters wurden die Feldformen der Ackerflächen betrachtet. Dabei wurden auf Basis von GIS-Daten Flächenparameter erhoben aus denen weitere räumliche Indizes berechnet worden sind. Die Ackerflächen wurden auf Basis dieser Indizes mit Hilfe einer Clusteranalyse in weitere Untergruppen aufgeteilt.

Auf Basis des Fragebogens und entsprechend dem Ergebnis der Clusteranalyse wurden für ausgewählte Stichproben der Ackerflächen Fahrspuren mit effektiven Arbeitsbreiten mit und ohne automatischer Lenkung geplant.

Die Fahrspurplanungsdaten werden statistisch auf Unterschiede zwischen den Clustern und Feldparameter, bezüglich Energieeinsparungspotential durch RTK-Nutzung, geprüft und dementsprechend wird die Berechnung des Energieeinsparungspotentials durchgeführt.

4.2 Datenerhebungsverfahren

4.2.1 Fragebogen

Der Fragebogen wurde von Frau Julia Schuster M.Sc. im Sommer 2019 zusammengestellt. Er wurde mittels Online-Umfrage-Applikation „LimeSurvey“ erstellt und umfasst insgesamt 75 Fragen zu Betriebskennzahlen und weiteren relevanten Gegebenheiten in landwirtschaftlichen Betrieben.

Wesentlich für diese Arbeit sind Fragen zu den im Ackerbau verwendeten Anbaugeräten für die Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflege und deren Arbeitsbreiten. Ebenfalls grundlegend sind Fragen zur Nutzung und Art von Lenksystemen und deren Korrektursignale.

Weiters relevant sind Fragen zum Standort des Betriebes, sowie zur gesamten bewirtschafteten Fläche und zur Nutzungsart der Flächen. Die Art der Bewirtschaftung (biologisch: ja/nein) wurde ebenfalls abgefragt. Weiters wurde nach Baujahr und PS der drei am häufigsten im Betrieb genutzten Traktoren gefragt. Der Abstand der angelegten Fahrgassen und die Art der Wendemanöver waren ebenfalls Gegenstand der Befragung.

Fragen zu Geräten für die Düngung und Pflanzenschutz und deren Arbeitsbreiten wurden gestellt. Bei einigen Betrieben wurde noch die Ausbringtechnik und die Nutzung von Teilbreitenschaltung abgefragt.

Der Fragebogen war von Januar bis März 2020 auf LimeSurvey online und wurde zudem von diversen Medien und vom Maschinenring gestreut.

Der vollständige Fragebogen mit weiteren Fragen, die für diese Masterarbeit nicht herangezogen wurden, befindet sich im Anhang (siehe Gestellte Fragen des Fragebogens, 95).

4.2.2 Feldformen

Im Rahmen der LVA 850.300 im Wintersemester 2019/2020 wurden 781.462 Feldstücke von den Studenten der Universität für Bodenkultur Wien Armin Ebner und Markus Gruber in Form von „shape-files“ aus der „Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem“ (InVeKoS) Datenbank extrahiert. Diese LVA lief im Rahmen des konstruktiven Projekts „Analyse der österreichischen ackerbaulichen Strukturen auf Basis der InVeKoS-Datenbank mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen“. Diese 781.462 Feldstücke sind alle als „Ackerland“ gekennzeichneten Feldstücke in Österreich. Von den beiden Studenten wurden die Fläche und der Umfang der Feldstücke mittels eines GIS-Programms ermittelt. Darauffolgend wurden aus der Fläche und dem Umfang der Feldstücke die räumlichen Indizes SI, kH und mbG berechnet (Ebner and Gruber, 2020).

Um den mbG-Wert in Prozent zu berechnen wurde mittels GIS-Programm das kleinste mögliche Rechteck bestimmt welches das Feldstück umfasst und dessen Fläche erfasst (siehe Abbildung 1). Auch die Fläche der Feldstücke wurde von ihnen mittels GIS-Programm erfasst. Darauffolgend wurde der Prozentwert der minimal

begrenzenden Geometrie nach der Formel 1 berechnet. Hierfür wurde die Fläche des Feldstücks und die Fläche der minimal begrenzenden Geometrie, welche das Feldstück einschließt, verwendet. Für rechteckige Felder tendiert der mbG-Wert gegen null.

Formel 1: Berechnung der minimal begrenzenden Geometrie als Prozentwert (Quelle: Ebner und Gruber, (2020).

$$mbG[\%] = \frac{A_{mbG} - A_{Feldstück}}{A_{Feldstück}} * 100$$



Abbildung 1: Drei Feldstücke von der jeweiligen minimal begrenzenden Geometrie umschlossen und der Prozentwert der minimal begrenzenden Geometrie (Quelle: Ebner und Gruber, (2020).

Für die Berechnung der konvexen Hülle in Prozent wurde zu der Fläche des Feldstücks noch die Fläche der konvexen Hülle des Feldstücks, wie in Abbildung 2 zu sehen, ermittelt. Für die Berechnung des Prozentwerts wurde Formel 2 verwendet.

Formel 2: Berechnung der konvexen Hülle als Prozentwert (Quelle: Ebner und Gruber, (2020).

$$hH[\%] = \frac{A_{kH} - A_{Feldstück}}{A_{Feldstück}} * 100$$

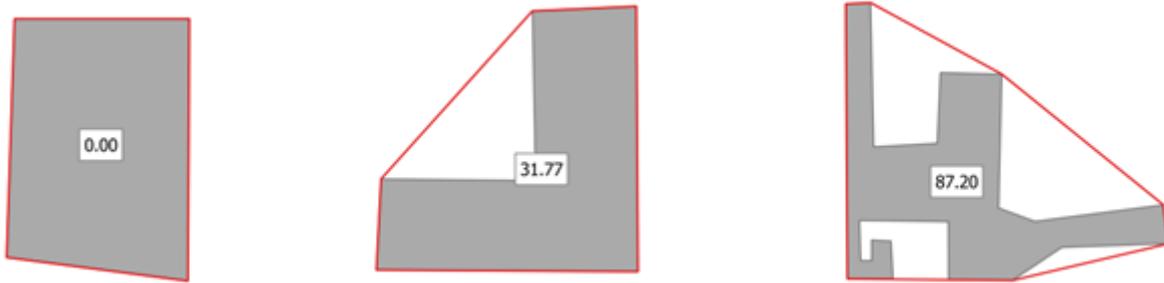


Abbildung 2: Drei Feldstücke von der jeweiligen konvexen Hülle umschlossen und der Prozentwert der konvexen Hülle (Quelle: Ebner und Gruber, 2020).

Für die Berechnung des Shape Index wurde zur Fläche auch der Umfang des Feldstücks ermittelt. Der dimensionslose Parameter wurde nach der Formel 3 berechnet. Für kompakte, kreisähnliche Felder tendiert der Shape Index gegen 1 (siehe Abbildung 3).

Formel 3: Berechnung des Shape Index als dimensionsloser Parameter (Conrad, 2008).

$$SI = \frac{\text{Umfang}_{\text{Feldstück}}}{2 * \sqrt{\pi * A_{\text{Feldstück}}}}$$

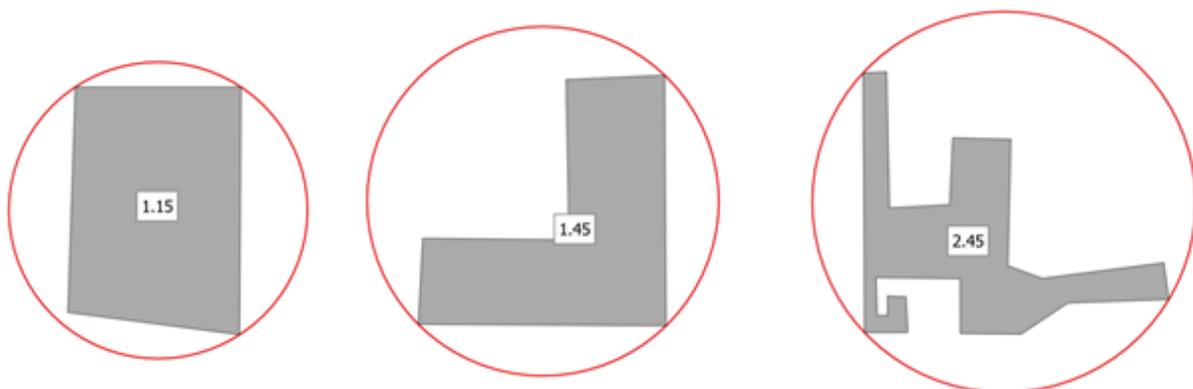


Abbildung 3: Drei Feldstücke vom kleinstmöglichen Kreis umschlossen und der Shape Index (Quelle: Ebner und Gruber, 2020).

Betreut wurden diese Arbeitsschritte von Univ.Ass. Mag. Dr. Thomas Bauer und von Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Barta.

4.2.3 Feldbefahrungsdaten

Für eine Stichprobe im Umfang von 250 Feldstücken wurden Spurplanungen mit der Software „Fieldplanner“ in der Version 2.8.0.0 (LACOS Computerservice GmbH, 07937 Zolda-Triebes, Deutschland) durchgeführt. Die Erstellung der für die Feldbefahrung herangezogene Clusteranalyse ist unter 4.3.2 genauer beschrieben und die Ergebnisse der Clusteranalyse sind unter 5.2.4 dargestellt. Aus den fünf erstellten Clustergruppen der Feldformen wurden für die Spurplanung jeweils 50 Zufallsstichproben gezogen.

Für die Spurplanung wurden die Arbeitsbreiten von 3 m und 5 m gewählt, da diese im Fragebogen am häufigsten für Bodenbearbeitungsgeräte angegeben wurden (siehe 5.1.2, Tabelle 2, S.26 und Tabelle 3, S.27). Die gesamten 250 Feldstücke werden mit einer Arbeitsbreite von 2,95 m, 2,8 m, 4,95 m und 4,7 m berechnet. Die Arbeitsbreiten von 2,95 m und 4,95 m (5 cm Abweichung von der Arbeitsbreite des Gerätes) werden als Maß für die Genauigkeit eines Spurführungssystems mit RTK-Nutzung angenommen. Die 5 cm Überlappung mit RTK-Nutzung werden angenommen, da laut Holpp (2012) und Price (2011) eine festgelegte Spur auf circa 10 cm genau befahren werden kann und laut Reckleben und Noak (2012) mit der RTK-Nutzung eine absolute Genauigkeit bei statischen Messungen von bis zu 2 cm erreicht werden kann, während diese bei dynamischen Messungen bei 5 cm und mehr liegt.

Die Arbeitsbreiten 2,8 und 4,7 m (5% Abweichung von der Arbeitsbreite mittels RTK-Nutzung) werden als Maß für die Genauigkeit eines Fahrers bei einem Anbaugerät mit 3 m und 5 m Arbeitsbreite angenommen.

Die 5 % Prozent Abweichung durch manuelle Bearbeitung wurde angenommen, da laut Landerl (2009) mit RTK-Technik die Genauigkeit gegenüber der manuellen Bearbeitung von 6,8 % auf 1,3 % bei einem RTK-Überlapp von 5 cm verringert wird. Ähnliche Ergebnisse zeigte die Arbeit von Markus Fassler (2018), bei welcher in der Bodenbearbeitung bei manueller Fahrt bei Arbeitsbreiten von 3 m und 6 m ein Überlapp von 5,8 % gemessen wurde. Mit automatischen Lenksystemen wäre der

Überlapp hier mit 5 cm bei 1,3 % Daher wurde der Überlapp bei manueller Feldbefahrung auf 5 % festgelegt.

Bei der Spurplanung wurde kein Vorgewende verwendet und die Spuren immer nach Konturen der Außenlinie erstellt. Einzelne, nicht vervollständigte Lienen der Feldgrenzen, wurden händisch ergänzt und ein Screenshot jedes befahrenen Feldes abgespeichert. Es wurde die Außenlinie als Referenz für die Befahrung verwendet, die vom LACOS-Feldplanner automatisch als erste ausgewählt wurde. Dies war meist die längste Linie.

Alle von der Software LACOS Fieldplanner generierten Parameter sind im Anhang unter 13.2 mit jeweils einer Beschreibung aufgelistet. Die statistisch weiter verwendeten Parameter sind hier aufgelistet:

- Wendungen: Gesamtanzahl an Wendungen im Fahrspurset.
- Auftreffwinkel je Spur: Ø Auftreffwinkel in Grad.
- Gesamtspurlänge: Aufsummierte Längen aller Fahrspuren des Fahrspursets.
- Brutto-Fläche: Gesamt bearbeitete Fläche in ha (und in Prozent der Feldfläche). Dabei werden doppelt bearbeitete Flächen auch doppelt gezählt.
- Netto-Fläche: Relative bearbeitete Fläche in ha (und in Prozent der Feldfläche). Doppelt bearbeitete Flächen werden nur einfach gezählt.
- Unterlappung: Fläche in m² (und %), die nicht bearbeitet wird.

Die generierten Parameter wurden auf Grund der Nachvollziehbarkeit ihrer Berechnung gewählt. Sie wurden für jedes der 50 Feldstücke in eine Excel-Datei übertragen.

Diese generierten Parameter wurden, wie unter 4.3.3 beschrieben, weiterverarbeitet.

4.3 Datenanalyse und Auswertung

Bei der statistischen Datenanalyse zur Auswertung des Fragebogens und der räumlichen Indizien wird ein p-Wert unter einem Alpha von 0,05, oder eine Korrektur davon, als signifikanter Unterschied angenommen. Für die statistische Auswertung wurde die Software SPSS Version 26 verwendet.

4.3.1 Analyse und Auswertung des Fragebogens

Ende März 2020, als die Online-Umfrage beendet wurde, war der Rücklauf an Fragebögen 1229 Stück. Davon waren 732 Fragebögen vollausgefüllt und 589 Fragebögen teilausgefüllt. Von den 1229 Betrieben, die den Fragebogen teils oder vollständig beantworteten, kamen 875 aus Niederösterreich (NÖ), 7 aus Wien (W), 111 aus Oberösterreich (OÖ), 53 aus dem Burgenland (Bgl), 25 aus der Steiermark (Stmk), 33 aus Kärnten (Ktn), 6 aus Salzburg (Sbg), 11 aus Tirol (T), 5 aus Vorarlberg (Vbg) und 103 kamen nicht aus Österreich oder gaben keine Angabe zum Bundesland ab. Die Abkürzungen der Bundesländer wurden vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie übernommen (BMK, 2018).

Um die Statistik auf die gewünschte Zielgruppe, welche aus Betrieben mit Ackerland besteht, einzugrenzen, wurden die Antworten gefiltert. Nur Fragebögen, die bei der Frage „Wie wurden Ihre Flächen 2019 genutzt (in ha)? [Ackerland (inklusive Feldfutteranbau)]“ einen Wert von größer Null hatten, wurden für statistische Auswertung herangezogen. Die Anzahl von Betrieben mit Ackerland beläuft sich auf 790 von denen sich 785 in Österreich befinden.

Nach der vorläufigen Betrachtung der Mittelwerte und Mediane der Arbeitsbreiten und der Rücklaufzahlen der verschiedenen Bundesländer wurde entschieden, die neun Bundesländer in fünf Gruppen zusammenzufassen. Hierfür wurden Niederösterreich und Wien (NÖ+W), Steiermark und Kärnten (Stmk+Ktn), sowie Salzburg, Tirol und Vorarlberg (WÖ für Westösterreich) zu jeweils einer Gruppe zusammengefasst. Oberösterreich und das Burgenland bilden jeweils eine eigene Gruppe. Diese Einteilung wurde gewählt, da der Rücklauf in den Bundesländern Salzburg, Tirol und Vorarlberg gering war und der Ackerbau in diesen Bundesländern eine untergeordnete Rolle im Vergleich zu anderen Produktionsgebieten spielt. Die Bundesländer Steiermark und Kärnten wurden zu einer Gruppe zusammengefügt, da man in beiden flächenmäßig relevante Ackerbaugebiete vorfindet und der Rücklauf in beiden Bundesländern relativ gering war. Wien und Niederösterreich wurden auf Grund des geringen Rücklaufs aus Wien und der geringen Anzahl an Landwirten in Wien zusammengefügt.

Weiters wurden die Betriebe in folgende Betriebsgrößenklassen eingeteilt: kleiner 1 Hektar, 1 bis 2 Hektar, 2 bis 5 Hektar, 5 bis 10 Hektar, 10 bis 20 Hektar, 20 bis 30 Hektar, 30 bis 50 Hektar, 50 bis 100 Hektar, 100 bis 200 Hektar und über 200 Hektar. Dies wurde so gewählt, da diese Einteilung ebenfalls im Grünen Bericht 2019 (BMNT) angewandt wurde und die Daten somit verglichen werden können.

Tabelle 1: Mittels Fragebogen erhobene Anbaugeräte mit dem Vertrauensbereich der Arbeitsbreite. Antworten außerhalb dieses Bereiches wurden nicht in der weiteren Auswertung berücksichtigt.

Anbaugeräte	Breiten (m)	Anbaugeräte	Breiten (m)
Scheibenegge	1,6 - 12	Kartoffellege- maschine	1,5 - 7,5
Leichtgrubber	1,6 - 13	Pflanz- und Setzmaschine	1,5 - 8
Schwergrubber	1,6 - 7,5	Mineraldünger Streuer	1,5 - 54
Güllegrubber	1,6 - 6	Kalkstreuer	1,5 - 54
Tiefenlockerer	1,6 - 6	Pflanzenschutz- spritze	4 - 55
Walze	1,6 - 18	Fahrgassen- abstand	4 - 55
Kreiselegge	1,6 - 8	Schleppschuh/ schlauchverteiler	2 - 36
Fräse	1,6 - 8	Hackgerät	1,5 - 24
Drillsaat	2 - 12	Striegel	1,5 - 25
Einzelkornsaat	2 - 12,2		

Bei der Auswertung wurde zunächst der Fokus auf die Arbeitsbreiten der Anbaugeräte gelegt, da diese, wie unter Kapitel 2 beschrieben, einen wesentlichen Einfluss auf das durch RTK-korrigierten GNSS generierte Energieeinsparungspotential haben. Um Verzerrungen durch unrealistische Antworten zu minimieren wurden nach Recherche der am Markt angebotenen Arbeitsbreiten und nach Absprache mit Experten am Institut für Landtechnik der Universität für Bodenkultur untere und obere Grenzwerte für die Arbeitsbreite des jeweiligen Anbaugeräts festgelegt. Bei den darauffolgenden statistischen Analysen wurden nur Daten von Arbeitsbreiten, die mit diesen Grenzwerten aus Tabelle 1 gefiltert wurden, weiterverwendet.

Die Residuen der Arbeitsbreiten wurden auf ihre Verteilung analysiert. Aufgrund dieser und der Verhältnisskalierung der Arbeitsbreiten wurde in Folge die Verwendung einer ANOVA ausgeschlossen und der Kruskal-Wallis Test für den Mittelwertvergleich der Arbeitsbreiten herangezogen. Als Gruppenvariable wurden die oben beschriebenen fünfteilige Gruppeneinteilung der Bundesländer verwendet und als Testfelder wurden die begrenzten Arbeitsbreiten verwendet. Für Arbeitsbreiten, bei denen der Kruskal-Wallis Test die Verwerfung der Nullhypothese fordert, wurde zusätzlich ein paarweiser Vergleich der Bundesländergruppen durchgeführt. Hierbei wurde das Alpha nach Bonferoni korrigiert, um die Wahrscheinlichkeit einen Fehler erster Art zu generieren und somit die Nullhypothese fälschlicher Weise abzulehnen, zu minimieren. Das nach Bonferoni korrigierte Alpha wird wie folgt berechnet:

Formel 4: Nach Bonferoni korrigiertes Alpha

$$\alpha_b = \frac{\alpha_0}{n}$$

Das ursprüngliche Alpha α_0 wird durch die Anzahl der Möglichkeiten n dividiert, um das korrigierte Alpha α_b zu erhalten.

Bei der Analyse der Antworten bezüglich Baujahr des Traktors wurden diese auf einen Bereich von Baujahr 1950 bis 2020 und bei den Pferdestärken des Traktors auf einen Bereich von 25 PS bis 700 PS eingegrenzt, um eine Verzerrung durch unrealistische Antworten auszuschließen. Daraufhin wurde auf Grund der Verteilung der Residuen und der Intervallskalierung des Baujahrs und der Verhältnisskalierung der Pferdestärken ein Kruskal-Wallis Test, mit der fünfteilige Gruppeneinteilung der Bundesländer als Gruppenvariable und jeweils Baujahr und Pferdestärken als Testfeld, durchgeführt. Falls dieser zur Verwerfung der Nullhypothese führt, wurden zusätzlich paarweise Vergleiche mit Bonferoni korrigierten Alpha durchgeführt.

Der Kruskal-Wallis Test, die darauffolgenden paarweisen Vergleiche und die dazugehörige Bonferoni-Korrektur werden von SPSS automatisch durchgeführt.

Für den Vergleich der Bewirtschaftungsart (biologisch (bio)/ nicht biologisch (konv)), der Nutzung von Lenksystemen und RTK-Signal, der Teilbreitenschaltung und der Art

der Wendemanöver zwischen den Bundesländer-Gruppen wurde auf Grund der Nominalskalierung der Daten, ein Chi²-Test durchgeführt. Ein solcher wurde auch für den Vergleich zwischen den Betriebsgrößen und dem Anlegen von Fahrgassen, RTK-Nutzung und dem Anlegen von Fahrgassen, der Bewirtschaftungsart und dem Anlegen von Fahrgassen sowie zwischen der Bewirtschaftungsart und der RTK-Nutzung durchgeführt. Der Chi²-Test wurde mit SPSS ausgeführt. Um jedoch beim Verwerfen der Nullhypothese Unterschiede zwischen den jeweiligen Kategorien erkennen zu können, wird ein Post-hoc-Test gemacht. Hierfür wurde Microsoft Excel verwendet. Indem die angepasst-standardisierten Residuen beim Chi²-Test für jeden Fall mitausgegeben werden, können diese in Microsoft Excel eingefügt und quadriert werden, um den Chi²-Wert zu erhalten. Mit diesem Chi²-Wert und einem Freiheitsgrad von 1 wird mit der Formel der rechtsseitigen Chi²-Verteilung von Microsoft Excel (=CHIQU.VERT.RE) der P-Wert berechnet. Um einen Fehler erster Art und somit das fälschliche Ablehnen der Nullhypothese zu vermeiden, wird das Alpha nach Bonferoni korrigiert werden, bevor es zum Abgleich mit den P-Werten herangezogen wird.

Für einige Nominalskalierte Daten wird der Phi-Koeffizient berechnet. Die Effektstärkengrenzen werden aus Cohan (1988) auf Seite 227 übernommen.

Um bei der Art der verwendeten Lenksysteme und der RTK-Nutzung nur Antworten jener Betriebe zu betrachten, welche Lenksysteme einsetzen, wurden diese nach der Frage „Nutzen Sie mit Ihrem Traktor/Ihren Traktoren Parallelfahreinrichtungen? [Nein]“ gefiltert. Betriebe, welche angaben keine Lenksysteme zu benutzen, wurden exkludiert.

4.3.2 Analyse und Auswertung der räumlichen Indizes

Zu Beginn wurden die Indizes Fläche (A), Breite der mbG, Shape Index (SI), konvexe Hülle (kH) und minimal begrenzende Geometrie (mbG) auf Grund der Verhältnisskalierung der Fläche, der Breite der mbG und der Intervallskalierung von SI, kH, und mbG mit einem Kruskal-Wallis Test auf Unterschiede zwischen den Bundesländern getestet. Als Gruppenvariable wurde die Bundesländer mit allen neun Ländern als eigenständige Gruppierung und Fläche, SI, kH und mbG jeweils als Testfelder verwendet. Die Gruppierung der Bundesländer unterscheidet sich bewusst zwischen dem Fragebogenteil und dem Teil der räumlichen Indizes, da die

Datengrundlage des Teils der räumlichen Indizes leicht ausreicht, um jedes Bundesland einzeln zu betrachten.

Die räumlichen Indizes wurden auf ihre Verteilung betrachtet und nach einigen Versuchen wurden entschieden, dass der Bereich von Null bis zum 90%-Perzentil für die weiteren Auswertungen herangezogen wird, um ein zu starkes Verzerrern durch Ausreiser zu verhindern.

Für die Clusteranalyse wurde die Two-Step Clusteranalyse von SPSS gewählt. Diese explorative Methode wurde auf Grund der Möglichkeit der Verwendung von großen Datenmengen und der automatischen Auswahl der Clusteranzahl präferiert. Die Voraussetzung der Gaußschen Verteilung wird nicht erfüllt, jedoch soll diese Methode wenig anfällig für Fehler bei Verletzung dieser Voraussetzung sein (IBM-Deutschland-GmbH, 2020). Es wurden Two-Step Clusteranalysen mit verschiedenen Einstellungen und verschiedenen stetigen Variablen durchgeführt. Die besten Ergebnisse zeigte die Clusteranalyse mit Distanzmaß Log-Likelihood und den Parametern SI, kH und mbG, jeweils nach oben mit dem 90%-Perzentil begrenzt, als stetige Variablen. Die Clustergruppenanzahl wurde automatisch mit dem Informationskriterium nach Akaike (AIC) ermittelt. Darauffolgend wurde die Änderung des AIC in der Abbildung 4 betrachtet, welche ein starkes Abfallen der AIC-Änderung ab einer Clustergruppenanzahl von vier aufweist. Dies bedeutet, dass ab einer Gruppenanzahl kleiner vier die Gruppen sich im Verhältnis viel weniger zueinander unterscheiden.

Auf Grund dessen wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, die sich nur im Punkt der Clustergruppenanzahl unterscheidet. Es wurde die fixe Clustergruppenanzahl von vier verwendet. Diese Clusteranalyse wurde als Basis für die weiteren Schritte gewählt, da die Gruppeneinteilung und Gruppengröße als passend befunden wurden.

Anschließend wurde, um Korrelationen zwischen Cluster und Bundesländer zu erkennen, ein Chi²-Test nach Pearson und ein darauffolgender Post-hoc-Test durchgeführt.

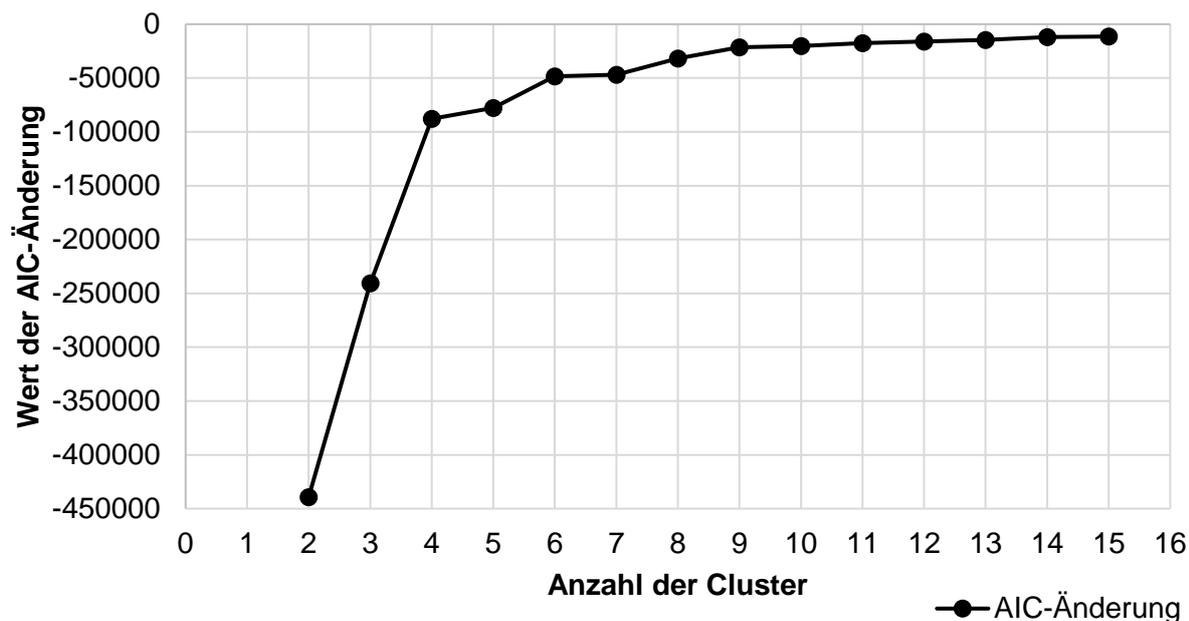


Abbildung 4: AIC-Änderung der Clusteranalyse mit automatischer Bestimmung der Clusteranzahl.

Weiters wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Als Gruppenvariable wurden die Cluster verwendet und als Testfelder wurden jeweils die räumlichen Indizes verwendet. Ein paarweiser Vergleich folgte auf jeden Kruskal-Wallis-Test.

Ebenfalls wurde der Breitenbereich der mbG, welcher als Feldbreite angenommen wird, betrachtet. Zuerst wurden die Daten mittels Kruskal-Wallis-Test und Post-hoc-Test zwischen den Bundesländern verglichen und anschließend in gleichen Perzentile-Abständen in fünf Gruppen eingeteilt. Für diese wurde ein Levene-Test und darauffolgend ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, um mögliche Unterschiede in der Fahrspureinsparung zu erkennen. Um Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen genauer zu erfassen wurde darauffolgend ein paarweiser Vergleich durchgeführt und nach Bonferoni korrigiert.

4.3.3 Analyse und Auswertung der Feldbefahrungsdaten

Die, wie unter 4.2.3 beschrieben, erhobenen Daten wurden von Dipl.-Ing. Dr. Viktoria Motsch für eine weitere Auswertung aufbereitet. Es wurden Einheiten entfernt und die Ergebnisse entsprechend des Feldstücks in Tabellenform gebracht. Zu dem bereits vorhandenen Daten wurde die jeweilige Differenz der Fahrspurlängen, der

Wendungen und des Unterlapps zwischen den Fahrspurplanungen, mit und ohne RTK-Genauigkeit, berechnet. Um die normalisierten Werte zu erhalten wurden die Differenzen durch den jeweiligen Wert der Befahrung ohne RTK-Genauigkeit dividiert.

Darauffolgend werden die normalisierten Werte bezüglich ihrer Verteilung betrachtet. Mit einem Kruskal-Wallis-Test werden die normierten Werte der Fahrspurlängen, der Wendungen und des Unterlapps auf Unterschiede zwischen den Clustern getestet. Falls das Signifikanzniveau von 0,05 unterschritten wird, wird ein paarweiser Vergleich mit nach Bonferroni korrigierten Alpha durchgeführt. Falls keine Unterschiede zwischen den Clustern ersichtlich sind, wird ein Wilcoxon-Test zwischen den Arbeitsbreiten von 3 m und 5 m durchgeführt, um mögliche Unterschiede in der Einsparung zu erkennen.

4.3.4 Berechnung des Energieeinsparungspotentials

Für die Berechnung des Energieeinsparungspotentials pro Jahr (EE_{ges}) durch RTK-Nutzung wurde die unten angeführte Formel 5 aus „Formeln für die Berechnung der Einsparung“ (Mitterlehner, 2015a) abgeleitet:

Formel 5: Berechnung des Energieeinsparungspotentials pro Jahr.

$$EE_{ges} = EEV * e * cz$$

Der Energieverbrauch auf österreichischen Ackerflächen je Arbeitsschritt und Jahr (EEV) wird aus der Ackerfläche (A_{Acker}), dem Kraftstoffverbrauch des Arbeitsschritts je Hektar (V_{Diesel}) und aus dem unteren Heizwert von Diesel (H_{u_Diesel}) berechnet.

Formel 6: Energieverbrauch auf österreichischen Ackerflächen je Arbeitsschritt und Jahr.

$$EEV = A_{Acker} * V_{Diesel} * H_{u_Diesel}$$

Um die in der Formel 6 angegebene Ackerfläche (A_{Acker}) zu erhalten, wird von der gesamten Ackerfläche einer Bundesländer-Gruppe die Fläche abgezogen, auf der bereits ein RTK-Signal genützt wird. Die gesamte Ackerfläche je Bundesländer-Gruppe wird aus dem Grünen Bericht 2019 (BMNT) entnommen. Um die Fläche zu bestimmen, auf der bereits ein RTK-Signal genützt wird, wird für jede Betriebsgrößen-Klasse aus jeder Bundesländergruppe der Prozentwert der Fläche ermittelt, auf der, laut Umfrage, ein RTK-Signal genützt wird. Dieser Prozentwert wird mit der Fläche der jeweiligen Betriebsgrößen-Klassen aus der jeweiligen Bundesländer-Gruppe multipliziert um die Fläche, auf der bereits ein RTK-Signal genützt wird, zu erhalten.

Um den Kraftstoffverbrauch der Arbeitsschritte mit dem jeweiligen Anbaugerät in Liter pro Hektar (l/ha) zu ermitteln, wird der Feldarbeitsrechner des österreichischen Kuratoriums für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL) verwendet (2021).

Für den unteren Heizwert von Diesel (H_{u_Diesel}) kann laut Mitterlehner (2015b) Anlage 2 und Anlage 3 ein Wert von 9,909 kWh/l angenommen werden.

Für die Berechnung des Faktors der Treibstoffeinsparung durch RTK-Nutzung (e) wird auf Grund der Ergebnisse unter 5.3.1 (S.71) lediglich die Breite der mbG und die Spurlängeneinsparung berücksichtigt. Die Breite der mbG wird wie unter 4.3.2 (S.15) beschrieben in 5 gleiche Intervalle eingeteilt. Der Faktor $f_{\text{Intervall}}$ stellt den prozentuellen Anteil der Fläche der Felder eines Intervalls an der Gesamtackerfläche dar (siehe Tabelle 7, S.77). Der Wert $c_{\text{Intervall}}$ gibt die prozentuelle Spurlängeneinsparung durch RTK-korrigierte GNSS-Nutzung wieder.

Formel 7: Faktor der Treibstoffeinsparung durch RTK-Nutzung.

$$e = (f_{\text{Intervall } 1} * c_{\text{Intervall } 1}) + \dots + (f_{\text{Intervall } 5} * c_{\text{Intervall } 5})$$

Der Wert $c_{\text{Intervall}}$ on wurde je Bundesländer-Gruppe und je Arbeitsgerät bestimmt. Dabei wurde unter Betrachtung des Medians der Arbeitsbreite der Anbaugeräte (siehe Tabelle 3, S.27) ein Wert für $c_{\text{Intervall}}$, wie unter 4.3.3 (S.17) beschrieben, berechnet. Für Anbaugeräte, bei denen es keine signifikanten Unterschiede in der Arbeitsbreite

zwischen den Bundesländer-Gruppen gibt, wird der österreichweite Median der Arbeitsbreite angenommen.

Aufgrund der Ergebnisse von Demmel (2007) (zit. nach (Gerl, 1993)) und Reckleben und Noak (2012) wird für die Aussaatgeräte und das Hackgerät ein Wert *CIntervall* von 2,6 % angenommen. Dieser Unterschied zur Bodenbearbeitung ergibt sich, da bei der Aussaat Spurreiser verwendet werden und somit eine genauere Befahrung möglich ist.

Um die Verfügbarkeit des Systems zu berücksichtigen, welche durch Ausfälle des Mobilfunknetzes nicht immer zu hundert Prozent gegeben ist, wird ein Sicherheitsab- bzw. -zuschlag „cz“ angenommen. A1 (2020) gibt einen mittleren Jahresschnitt der Verfügbarkeit von 95 Prozent an, was ein „cz“ von 0,95 bedeutet.

Die Energieeinsparungspotentiale werden in Megawattstunden (MWh) angegeben.

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Ergebnisse der statistischen Auswertung des Fragebogens

5.1.1 Betriebsgrößen der befragten Betriebe

Nach filtern der Daten des Fragebogens, wodurch Betriebe ohne Ackerland und außerhalb Österreichs entfernt wurden, blieben 785 Betriebe zur Analyse über. Diese 785 Betriebe machen 1,2% der 63.782 im Grünen Bericht 2019 angegebenen Betriebe mit Ackerland aus. Die Summe der Ackerflächen der als valide betrachteten Betriebe beträgt 56.600 Hektar und somit 4,3% der gesamten Ackerflächen von 1.325.484 Hektar, die im Grünen Bericht 2019 angegeben wird (BMNT). Die meiste Fläche die ein Betrieb in der Umfrage valide als Ackerfläche angegeben hat, sind 800 Hektar und die geringste ist 1 Hektar.

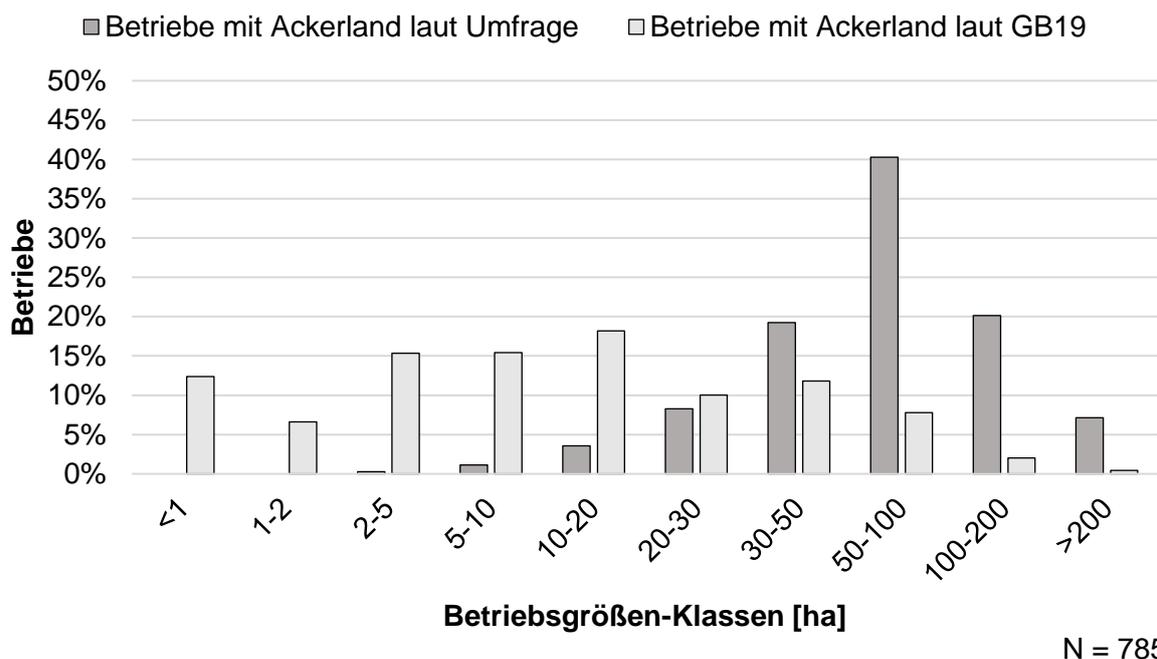


Abbildung 5: Mittels Fragebogen erhobene Betriebsgrößen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Betrieben mit Ackerland.

Um einen Überblick über die mittels Fragebogen erreichten Betriebe zu erhalten, wurden diese nach ihren Betriebsgrößen eingeteilt und mit Daten zu Betriebsgrößen aller Betriebe mit Ackerland aus dem Grünen Bericht 2019 verglichen. In der oben angeführte Abbildung 5 ist zu erkennen, dass mit 79,6% der Großteil der Betriebe, die

an der Umfrage teilgenommen haben, eine Größe von 30 und 200 Hektar haben. Im Vergleich zu den Daten aus dem Grünen Bericht haben an der Umfrage vor allem größere Betriebe teilgenommen. Mit 40,3% ist die Gruppe von Betriebsgrößen von 50 bis 100 Hektar an stärksten vertreten.

Weiters wurde die Verteilung der Ackerfläche auf die Betriebsgrößen-Klassen aus der Umfrage und aus dem Grünen Bericht 2019 verglichen. Aufgrund des vergleichsweise höheren Rücklaufes an Fragebögen aus großen Betrieben, war damit zu rechnen, dass auch der Großteil der erfassten Ackerfläche von Betrieben über 50 Hektar bewirtschaftet wird, und dass dieser Trend etwas verstärkt ist. Es zeigt sich, dass die Flächenverteilung auf Betriebsklassengrößen wie sie aus der Umfrage hervorgeht, besser mit der Verteilung, wie sie aus dem Grünen Bericht 2019 zu entnehmen ist, übereinstimmt. Zwar ist auch hier der Anteil an großen Betrieben flächenmäßig stark vertreten. Besonders der schlechte Rücklauf aus Betrieben unter 20 ha spielt nur eine untergeordnete Rolle, da es zwar viele Betriebe in diesem Segment gibt, welche aber in Bezug auf die Fläche nur eine untergeordnete Relevanz haben (siehe Abbildung 6).

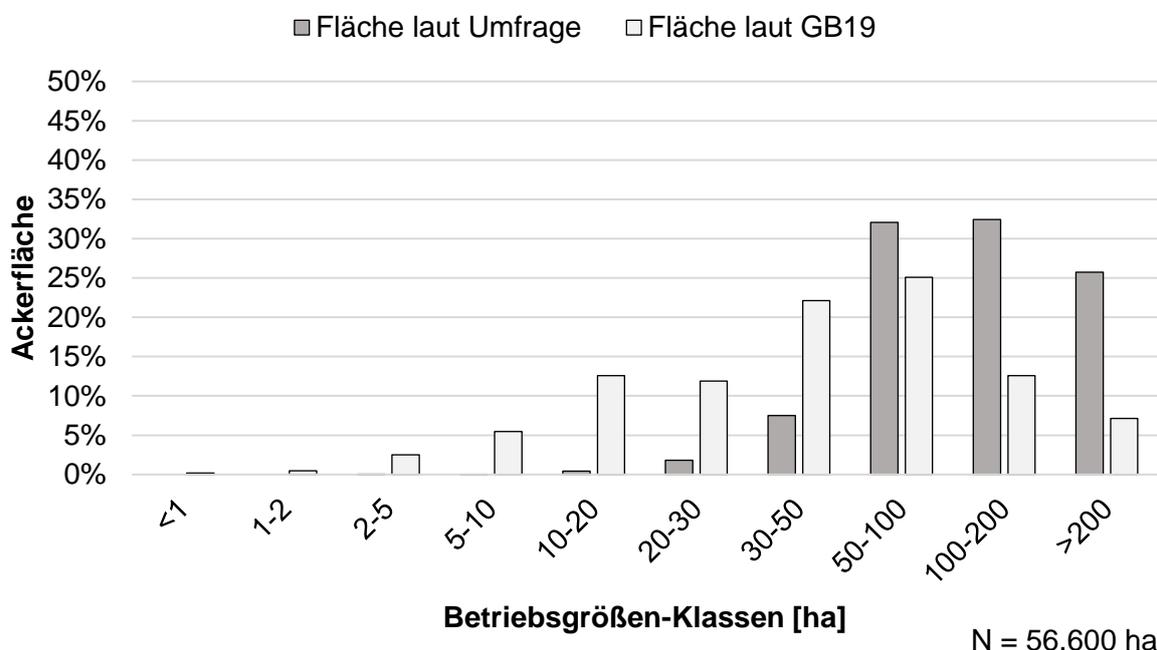


Abbildung 6: Mittels Fragebogen erhobene Ackerflächen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Betrieben mit Ackerland.

Auch die in der Umfrage erfassten Biobetriebe weisen eine ähnlich höhere Betriebsgröße, im Vergleich zu den Daten der Biobetriebe aus dem Grünen Berichts 2019 (BMNT), auf (siehe Abbildung 7).

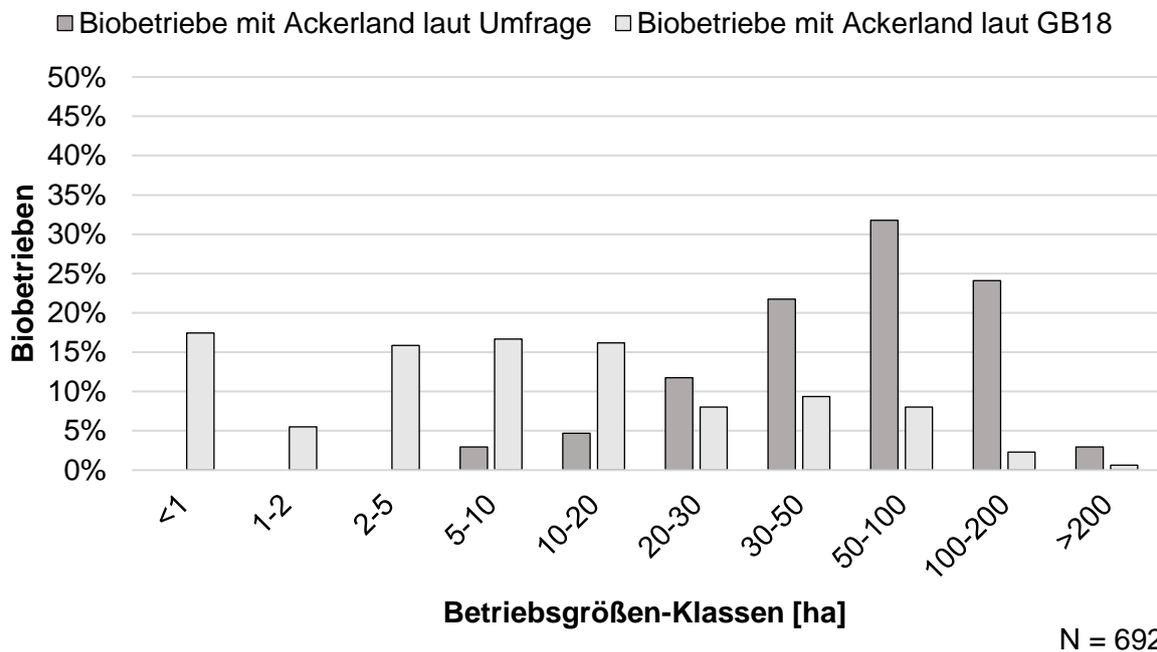


Abbildung 7: Mittels Fragebogen erhobene Betriebsgrößen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Biobetrieben mit Ackerland.

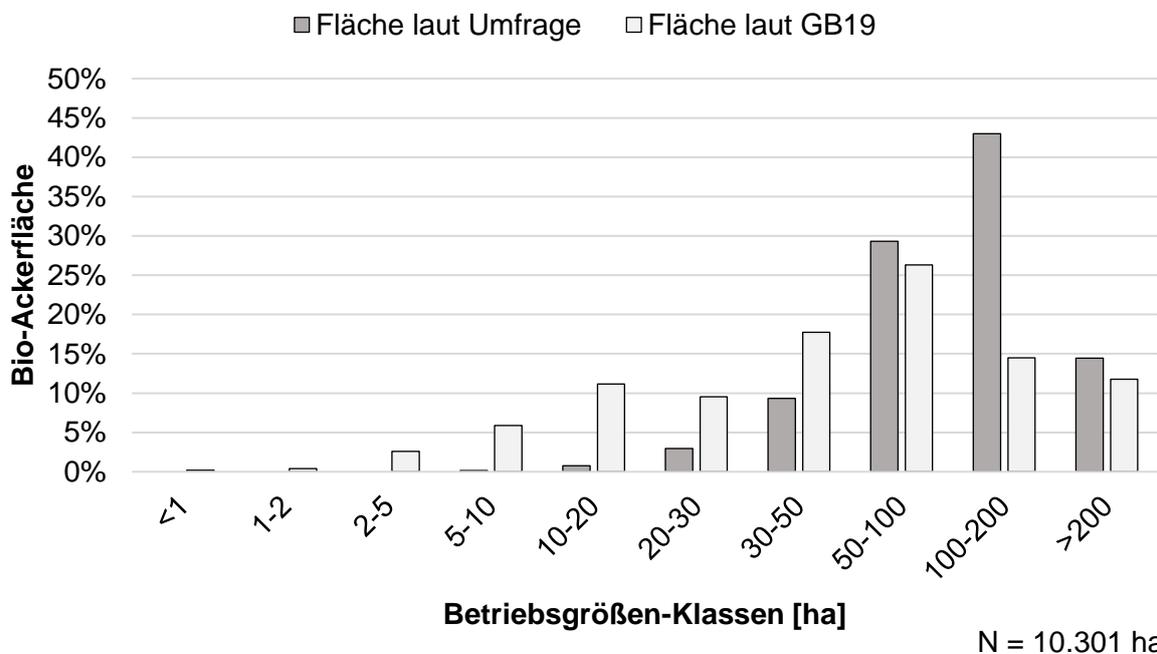


Abbildung 8: Mittel Fragebogen erhobene Ackerflächen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Biobetrieben mit Ackerland.

In Abbildung 8 ist zu sehen, dass die Verteilung der Bio-Ackerfläche, wie sie aus der Umfrage und aus dem Grünen Bericht 2019 hervor gehen, eine ähnliche Tendenz aufweisen. Bei beiden Verteilungen ist festzustellen, dass die meisten Flächen von großen Betrieben bewirtschaftet werden. Dieser Trend zeichnet sich in der Umfrage noch stärker ab.

In der Abbildung 9 ist zu sehen, dass in Westösterreich die meisten Ackerflächen von Betrieben von 2 Hektar bis 20 Hektar bewirtschaftet werden. In der Bundesländer-Gruppe Steiermark+Kärnten werden ebenfalls viele Flächen von kleineren Betrieben bewirtschaftet, jedoch werden die meisten Flächen von Betrieben mit einer Betriebsgröße von 10 Hektar bis 50 Hektar bewirtschaftet. Ähnliche Ergebnisse zeigen sich in Oberösterreich. Im Burgenland und Niederösterreich bewirtschaften Betriebe mit einer Betriebsgröße über 50 Hektar den weitaus größten Anteil der Ackerflächen.

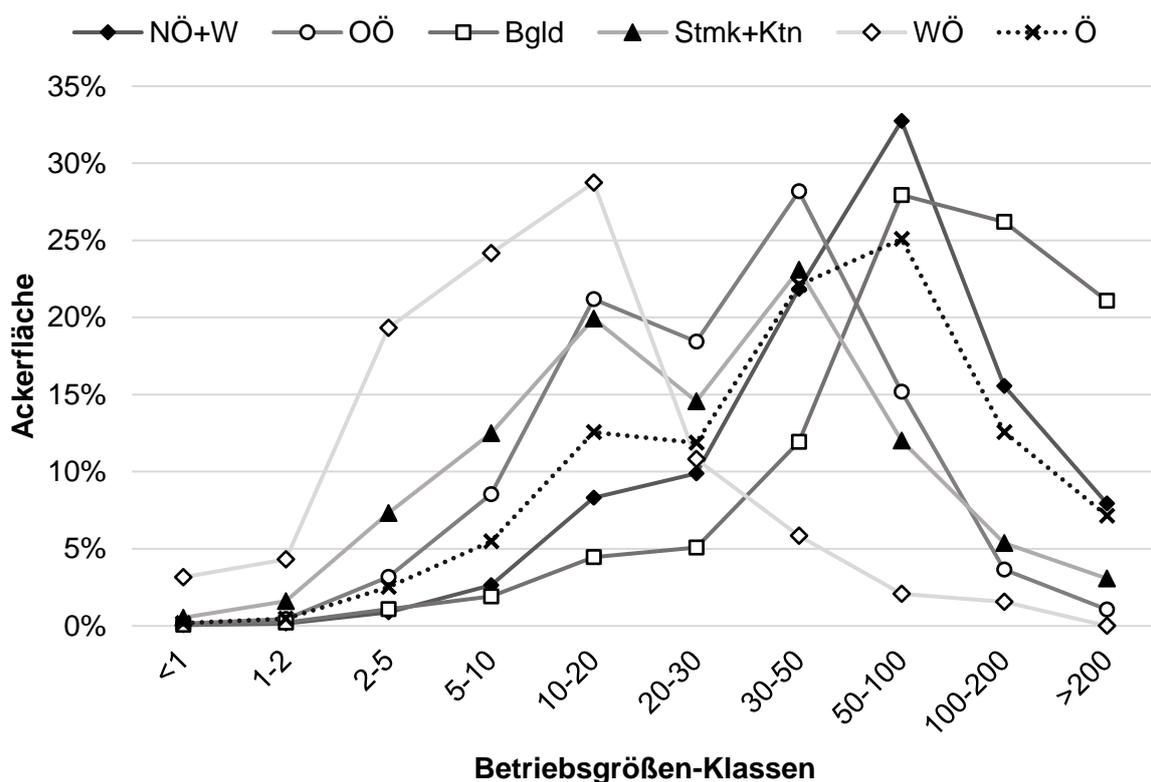


Abbildung 9: Prozentuelle Verteilung der Ackerflächen aus dem Grünen Bericht 2019 (BMNT) je Bundesländer-Gruppe auf die Betriebsgrößen-Klassen.

Wenn man die Verteilung der österreichischen Ackerfläche in Abbildung 9 betrachtet, kann gesagt werden, dass Betriebe unter einer Größe von 10 Hektar in der Verteilung eine untergeordnete Rolle spielen. Betriebe mit einer Größe von 10 bis 50 Hektar haben einen wesentlichen Anteil am Ackerbau in Österreich, jedoch war für diese Betriebe der Rücklauf an Fragebögen eher schwach (siehe Abbildung 5, S.21). Dies kann am fehlenden Interesse der Betriebsleiter oder an der fehlenden Verbreitung der abgefragten Technik in diesen Betrieben liegen. Der Rücklauf des Fragebogens für Betriebe über 50 Hektar, welche einen wesentlichen Teil am österreichischen Ackerbau ausmachen, war gut und kann auf das Interesse an und die Verbreitung von Spurführungssystemen hinweisen (siehe auch Abbildung 25, S.43).

5.1.2 Arbeitsbreiten der Anbaugeräte

In Tabelle 2 (S.26) sind alle Mittelwerte der Arbeitsbreiten der Anbaugeräte und der Fahrgassenabstand nach Bundesland-Gruppe und gesamt Österreichs und das Signifikanz-Niveau der Kruskal-Wallis-Tests von Arbeitsbreiten der jeweiligen Anbaugeräte mit den Bundesländer-Gruppen aufgelistet. Mit hochgestellten Kleinbuchstaben sind die signifikanten Unterschiede aus dem paarweisen Vergleich zwischen den Bundesländer-Gruppen gekennzeichnet.

In Tabelle 2 ist auch zu sehen, dass es bei Leichtgrubber, Kartoffellegemaschine und Pflanzenschutzspritze stark signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zwischen den Bundesländer-Gruppen gibt. Bei Kreiselegge, Kalkstreuer und Striegel liegen weniger stark signifikante Unterschiede vor ($p < 0,01$) und bei der Scheibenegge und dem Fahrgassenabstand sind die Unterschiede am wenigsten signifikant ($p < 0,05$). Bei Schwergrubber, Walze, Fräse, Pflanz- und Setzmaschine und Mineraldüngerstreuer können lediglich Tendenzen vermutet werden.

Tabelle 2: Mittelwerte, Antwortenzahl, Signifikanzniveau des Kruskal-Wallis-Tests und Unterscheidungen des paarweisen Vergleichs der räumlichen Indizes in Form von hochgestellten Kleinbuchstaben der mittels Fragebogen erhobene Anbaugeräte und des Fahrgassenabstandes für die Bundesländer-Gruppen und ganz Österreich.

	Mittelwerte [m]						
	Scheibenegge	Leichtgrubber	Schwergrubber	Güllegrubber	Tiefenlockerer	Walze	Kreiselegge
NÖ+W	3,59 ^a	4,78 ^a	3,33	4,00	2,94	5,11	3,04 ^a
OÖ	3,40 ^a	4,19 ^{a,b}	3,17	/	3,00	4,91	3,06 ^{a,b}
Bgl	5,06 ^b	5,18 ^a	3,37	/	3,20	6,06	3,50 ^b
Stk+K	4,00 ^{a,b}	3,55 ^b	3,00	/	2,75	4,79	3,15 ^{a,b}
WÖ	3,00 ^{a,b}	3,00 ^b		/	3,00	2,67	3,00 ^{a,b}
Antworten	346	335	376	4	146	325	432
Signifikanz	*	***	.			.	**

	Fräse	Drillsaat	Einzelkornsaat	Kartoffellege- maschine	Pflanz- und Setzmaschine	Mineraldünger Streuer	Kalkstreuer
NÖ+W	2,77	3,16	3,62	2,98 ^a	3,11	19,14	9,20 ^a
OÖ	3,00	3,11	3,79	3,00 ^{a,b}	2,50	17,62	8,39 ^a
Bgl	/	3,49	3,76	2,00 ^b	3,00	19,89	14,40 ^b
Stk+K	4,67	3,27	3,93	2,60 ^{a,b}	5,00	17,45	8,64 ^a
WÖ	3,50	3,00	2,80	2,00 ^b	2,00	12,33	7,75 ^{a,b}
Antworten	67	557	270	92	26	527	276
Signifikanz	.			***	.	.	**

	Pflanzenschutz- spritze	Fahrgassen- abstand	Schleppschuh/- schlauchverteiler	Hackgerät	Striegel
NÖ+W	16,34 ^a	16,34 ^{a,b}	13,31	3,45	7,74 ^a
OÖ	14,56 ^{a,b}	15,43 ^{a,b}	13,50	3,25	5,29 ^b
Bgl	16,96 ^a	19,15 ^a	12,50	3,31	8,72 ^a
Stk+K	12,65 ^b	13,46 ^b	9,00	3,00	7,62 ^{a,b}
WÖ	9,50 ^b	/	7,00	2,67	6,00 ^{a,b}
Antworten	510	425	99	225	248
Signifikanz	***	*			**

Einteilung Signifikanz:
 $p \leq 0,05 = *$; $p \leq 0,01 = **$;
 $p \leq 0,001 = ***$

Tendenz: $p < 0,1 = .$

Tabelle 3: Mediane, Antwortenzahl, Signifikanzniveau des Kruskal-Wallis-Tests und Unterscheidungen des paarweisen Vergleichs der räumlichen Indizes in Form von hochgestellten Kleinbuchstaben der mittels Fragebogen erhobene Anbaugeräte und des Fahrgassenabstandes für die Bundesländer-Gruppen und ganz Österreich.

	Median [m]						
	Scheibenegge	Leichtgrubber	Schwergrubber	Güllegrubber	Tiefenlockerer	Walze	Kreiselegge
NÖ+W	3,0 ^a	5,0 ^a	3,0	3,5	3,0	5,0	3,0 ^a
OÖ	3,0 ^a	4,0 ^{a,b}	3,0	/	3,0	6,0	3,0 ^{a,b}
Bgl	5,0 ^b	5,0 ^a	3,0	/	3,0	6,0	3,0 ^b
Stk+K	3,0 ^{a,b}	3,0 ^b	3,0	/	3,0	5,0	3,0 ^{a,b}
WÖ	3,0 ^{a,b}	3,0 ^b		/	3,0	3,0	3,0 ^{a,b}
Antworten	346	335	376	4	146	325	432
Signifikanz	*	***	.			.	**

	Fräse	Drillsaat	Einzelkornsaat	Kartoffellege- maschine	Pflanz- und Setzmaschine	Mineraldünger Streuer	Kalkstreuer
NÖ+W	3,0	3,0	3,0	3,0 ^a	3,0	18,0	8,0 ^a
OÖ	3,0	3,0	3,0	3,0 ^{a,b}	2,5	15,0	6,0 ^a
Bgl	/	3,0	3,0	2,0 ^b	3,0	18,0	12,0 ^b
Stk+K	3,0	3,0	3,0	3,0 ^{a,b}	6,0	15,0	6,0 ^a
WÖ	3,5	3,0	3,0	2,0 ^b	2,0	10,0	8,0 ^{a,b}
Antworten	67	557	270	92	26	527	276
Signifikanz	.			***	.	.	**

	Pflanzenschutz- spritze	Fahrgassen- abstand	Schleppschuh/- schlauchverteiler	Hackgerät	Striegel
NÖ+W	15,0 ^a	15,0 ^{a,b}	15,0	3,0	6,0 ^a
OÖ	15,0 ^{a,b}	15,0 ^{a,b}	13,5	3,0	6,0 ^b
Bgl	15,0 ^a	16,5 ^a	12,5	3,0	9,0 ^a
Stk+K	12,0 ^b	12,0 ^b	9,0	3,0	6,0 ^{a,b}
WÖ	10,5 ^b		7,0	3,0	6,0 ^{a,b}
Antworten	510	425	99	225	248
Signifikanz	***	*			**

Einteilung Signifikanz:
 $p \leq 0,05 = *$; $p \leq 0,01 = **$;
 $p \leq 0,001 = ***$

Tendenz: $p < 0,1 = .$

Der Kruskal-Wallis-Tests zur Verwendung der Scheibenegge ergibt eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,023. Die signifikante Unterschiede bestehen zwischen Niederösterreich+Wien und Oberösterreich mit dem Burgenland. In Niederösterreich+Wien haben 287 Betrieben valide Antworten abgegeben, im Burgenland waren es 17 und in Oberösterreich 30. In Abbildung 10 ist zu sehen, dass im Burgenland im Vergleich zu den restlichen Bundesländer-Gruppen vermehrt Scheibeneggen mit größeren Arbeitsbreiten eingesetzt werden, wobei diese mit Steiermark+Kärnten sowie Westösterreich aufgrund der wenigen Antworten nicht signifikant sind. Der Median der Arbeitsbreiten der Scheibenegge liegt im Burgenland bei 5 m, bei den restlichen Bundesländer-Gruppen bei 3 m.

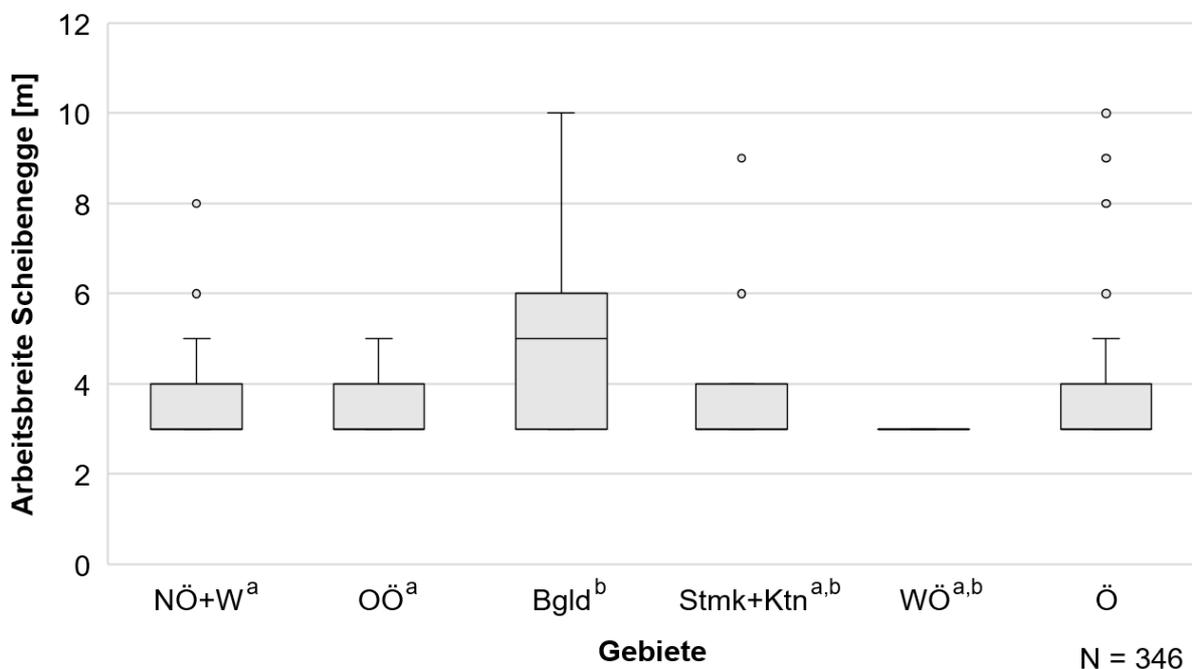


Abbildung 10: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Scheibenegge bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

Im Fall des Leichtgrubbers ergab der Kruskal-Wallis-Test eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000005. Die statistisch signifikanten Unterschiede bestehen, wie in Abbildung 11 zu sehen, zwischen der Gruppe bestehend aus Niederösterreich+Wien und dem Burgenland und der Gruppe bestehend aus Steiermark+Kärnten und Westösterreich. Niederösterreich+Wien und das Burgenland weisen jeweils einen Median von 5 m auf, wohingegen Steiermark+Kärnten und Westösterreich mit jeweils einem Median von 3 m eine kleinere Arbeitsbreite beim Leichtgrubber aufweisen. Bei Oberösterreich bestehen mit einem Median von 4 m zu beiden Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede. Zu erwähnen ist, dass Niederösterreich+Wien mit 227 Antworten und das Burgenland mit 17 Antworten einen wesentlich höheren Rücklauf auf die Frage zum Leichtgrubber als Steiermark+Kärnten mit 11 Antworten und Westösterreich mit 4 Antworten hatte.

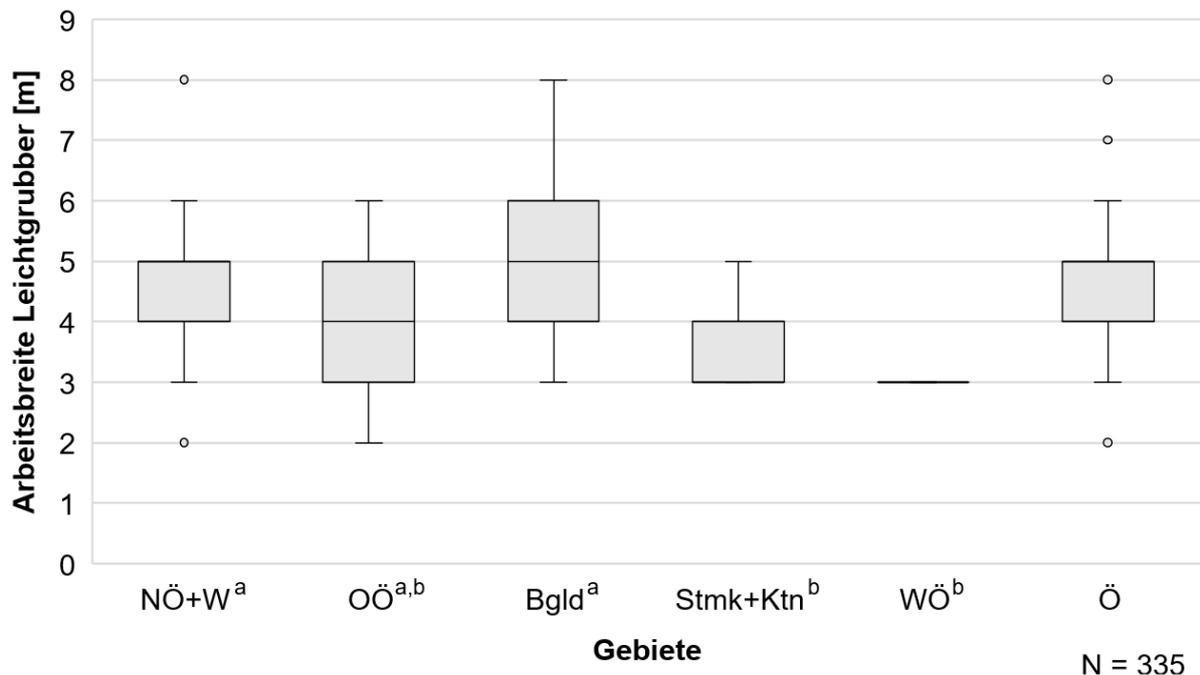


Abbildung 11: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Leichtgrubbers bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

Bei der Kreiselegge ergab der Kruskal-Wallis-Test eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,0066. Die statistisch signifikanten Unterschiede bestehen zwischen Niederösterreich+Wien und dem Burgenland, die beide, wie in der Abbildung 12 zu sehen, einen Median von 3 m aufweisen. Auch bei den restlichen Bundesländer-Gruppen liegt der Median bei 3 m. Auf die Frage zur Arbeitsbreite der Kreiselegge haben aus Niederösterreich+Wien 340 Personen geantwortet und aus dem Burgenland haben 22 Personen geantwortet. In der unten angeführten Abbildung 12 ist deutlich zu erkennen dass bei der Kreiselegge eine Arbeitsbreite von 3 m in Österreich am weitesten verbreitet ist.

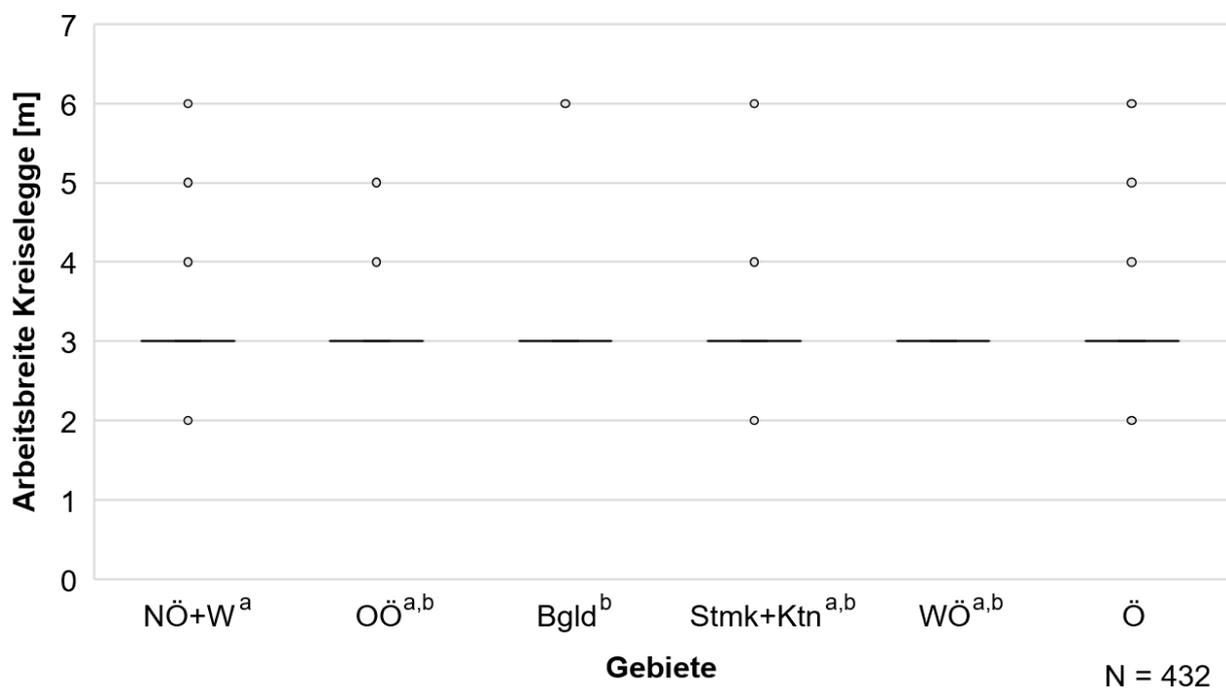


Abbildung 12: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Kreiselegge bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

Für die Kartoffellegemaschine (siehe Abbildung 13) ergibt der Kruskal-Wallis-Tests eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,00029. Der paarweise Vergleich zeigt statistisch signifikante Unterschiede zwischen Niederösterreich+Wien und dem Burgenland und zwischen Niederösterreich+Wien und Westösterreich. Der Median der Arbeitsbreiten liegt für Niederösterreich+Wien, Oberösterreich und Steiermark+Kärnten bei 3 m und für das Burgenland und Westösterreich bei 2 m. Zu erwähnen ist hierbei der geringe Stichprobenumfang der ausgefüllten Antworten. Aus Niederösterreich+Wien kommen 84 valide Antworten, aus Steiermark+Kärnten waren es deren 5, und aus Oberösterreich, dem Burgenland und Westösterreich kam nur jeweils 1 valide Antwort.

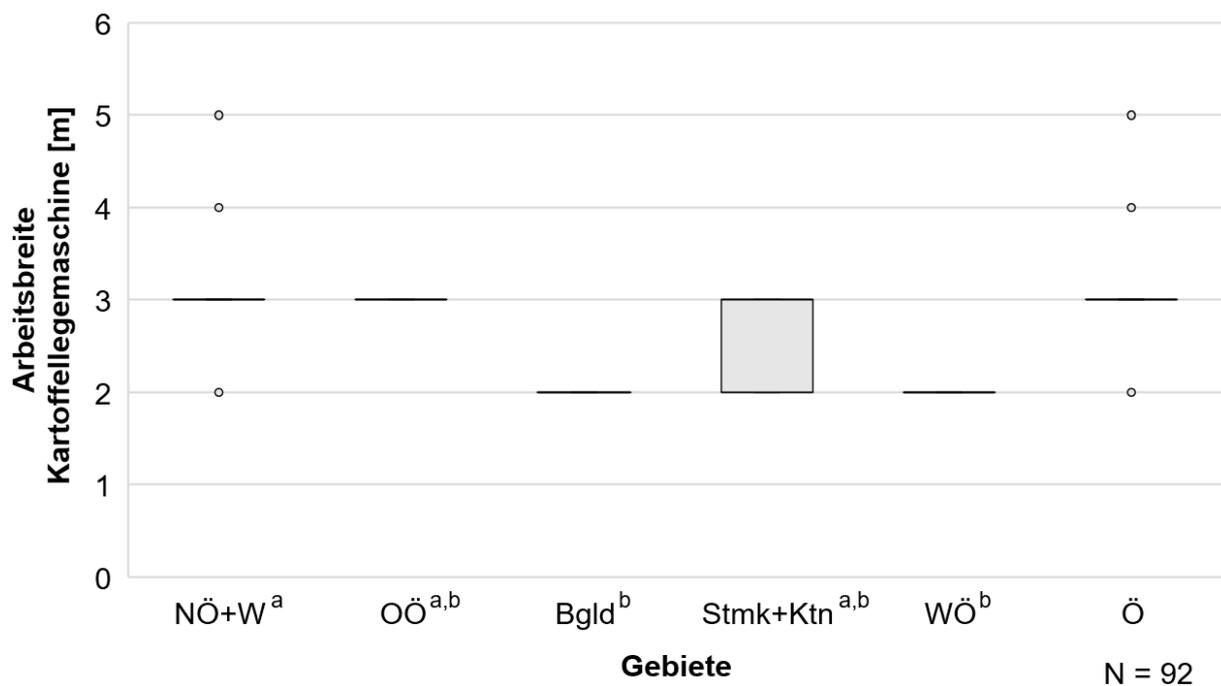


Abbildung 13: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Kartoffellegemaschine bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

Im Fall des Kalkstreuers ergibt der Kruskal-Wallis-Test eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,0072. Statistisch signifikante Unterschiede (siehe Abbildung 14) ergeben sich zwischen dem Burgenland und Niederösterreich+Wien, Oberösterreich und Steiermark+Kärnten. Der Median des Burgenlandes ist mit 12 m am größten gefolgt von Niederösterreich+Wien und Westösterreich mit jeweils 8 m und

Oberösterreich und Steiermark+Kärnten mit jeweils 6 m. In Niederösterreich+Wien haben 185 Betriebe valide Antworten geliefert, in Oberösterreich waren es 47, in Burgenland waren es 15 und in Steiermark+Kärnten waren es 25 Betriebe.

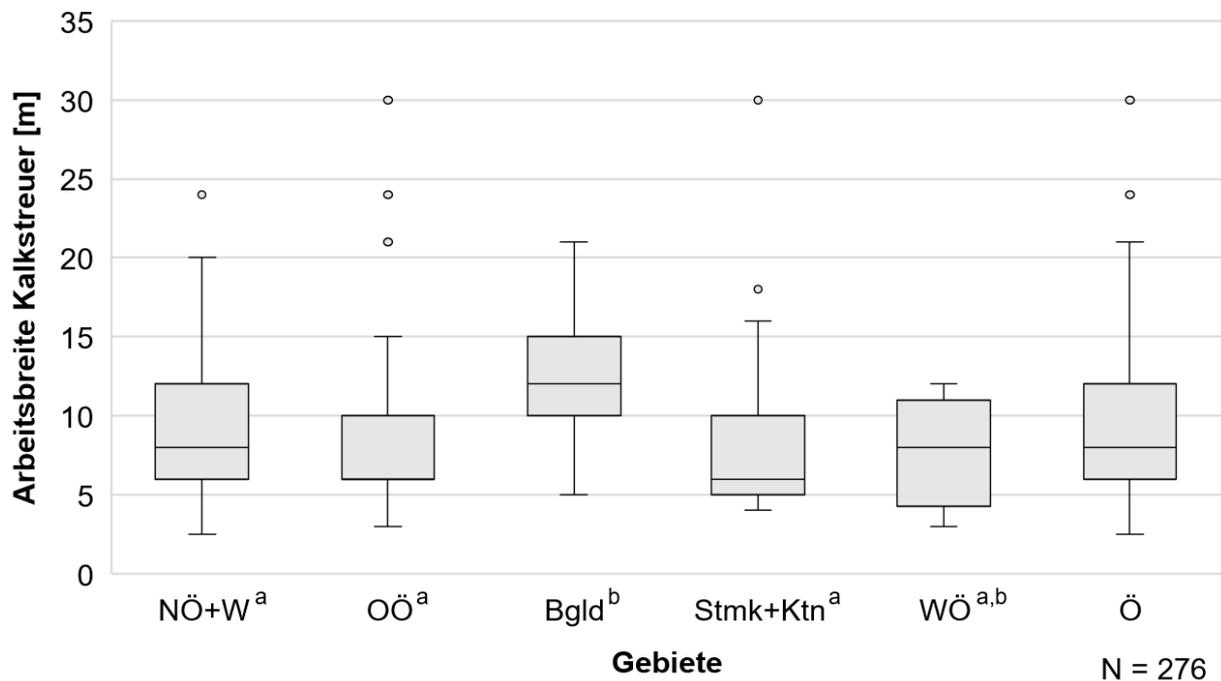


Abbildung 14: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Kalkstreuers bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

Bei der Pflanzenschutzspritze ergab der Kruskal-Wallis-Test eine starke asymptotische zweiseitige Signifikanz. Wie in Abbildung 15 zu sehen ist, ergibt der paarweise Vergleich Unterschiede zwischen der Gruppe bestehend aus Niederösterreich+Wien und dem Burgenland und der Gruppe bestehend aus Steiermark+Kärnten und Westösterreich. Der Median liegt für Niederösterreich+Wien, Oberösterreich und dem Burgenland bei 15 m, für Steiermark+Kärnten bei 12 m und für Westösterreich bei 10,5 m. Aus Niederösterreich+Wien kommen 416 valide Antworten, aus dem Burgenland 27, aus Steiermark+Kärnten 20 und aus Westösterreich 4.

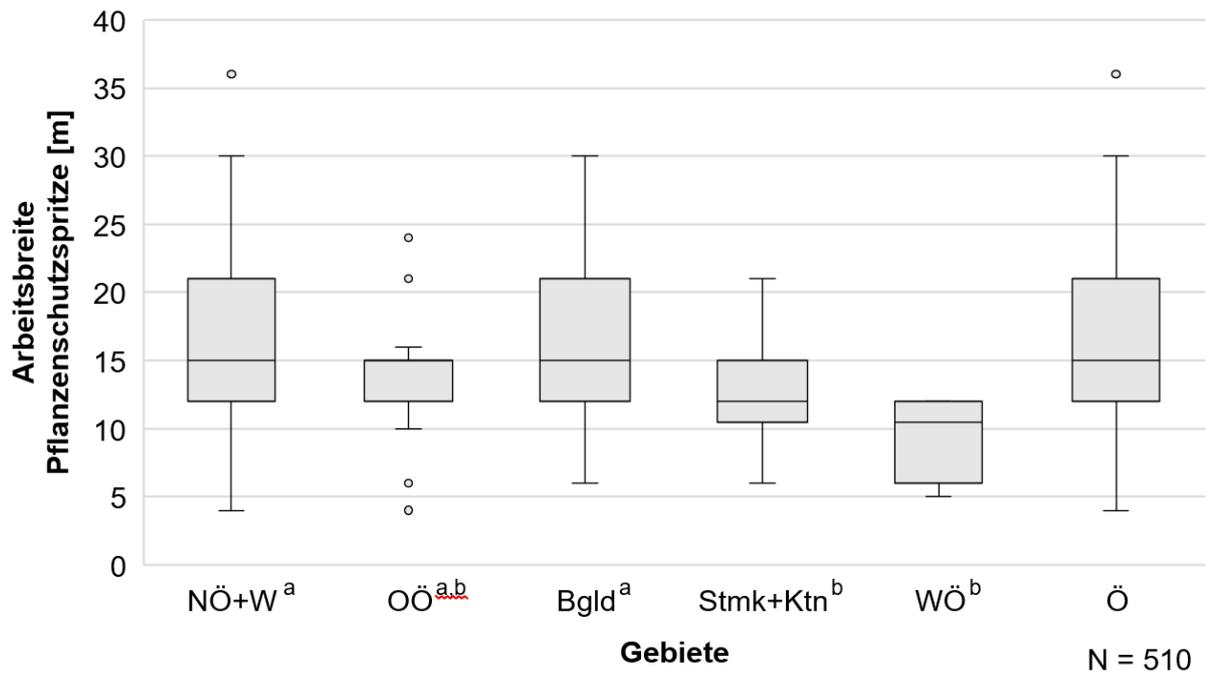


Abbildung 15: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Pflanzenschutzspritze bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

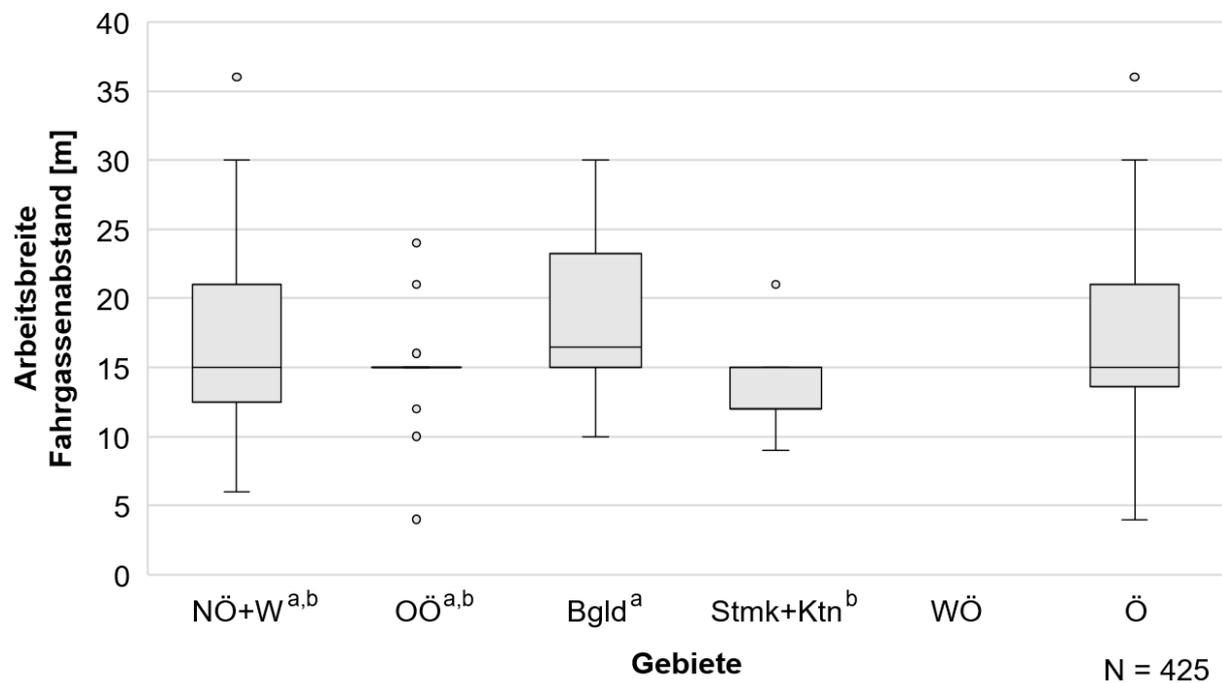


Abbildung 16: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Fahrgassenabstandes bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

Für den Fahrgassenabstand ergab der Kruskal-Wallis-Test eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,016. Statistisch signifikante Unterschiede treten hier zwischen dem Burgenland mit einem Median von 16,5 m (20 Antworten) und Steiermark+Kärnten mit einem Median von 12 m (13 Antworten) auf. Die unterschiedliche Verteilung der Arbeitsbreiten je Bundesland ist in Abbildung 16 dargestellt.

Beim Striegel ergibt sich eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,0032 des Kruskal-Wallis-Tests und statistisch signifikante Unterschiede bestehen zwischen Niederösterreich+Wien und Oberösterreich und zwischen Oberösterreich und dem Burgenland (siehe Abbildung 17). Der Median liegt im Burgenland bei 9 m und bei den restlichen Bundesländer-Gruppen bei 6 m. Die Zahl an validen Antworten liegt in Niederösterreich+Wien bei 199, in Oberösterreich bei 14 und im Burgenland bei 18.

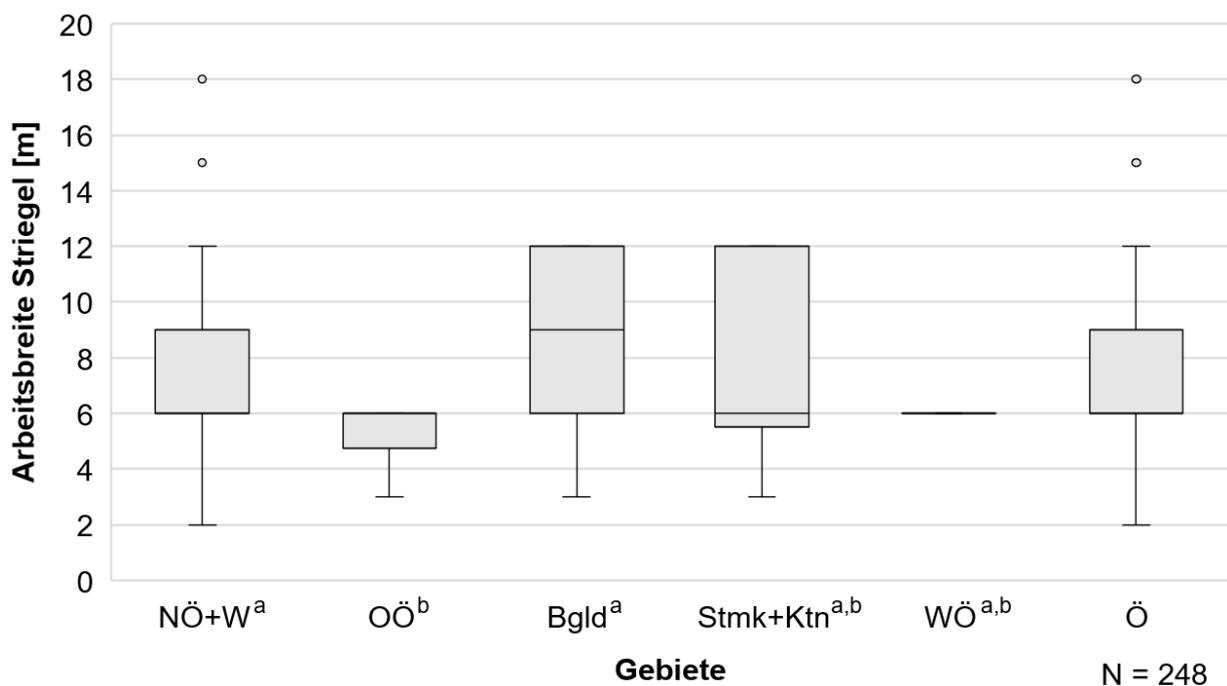


Abbildung 17: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Striegels bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.

Gesamt betrachtet ist trotz geringen Fragebogenrücklauf in gewissen Bereichen doch zu sehen, dass es zwischen den Bundesländer-Gruppen nur wenig Unterschiede in den Arbeitsbreiten der verwendeten Anbaugeräte gibt.

5.1.3 Bewirtschaftungsart (Bio ja-nein)

Auf die Frage „Bewirtschaften Sie Ihren Betrieb biologisch?“ haben insgesamt 692 Betriebe geantwortet. Davon waren 535 aus Niederösterreich und Wien, 62 aus Oberösterreich, 38 aus dem Burgenland, 33 aus der Steiermark und Kärnten sowie 6 aus Westösterreich. Um eventuelle Unterschiede in der Bewirtschaftungsart zwischen den Bundesländern statistisch zu erfassen, wurde ein Chi²-Test nach Pearson durchgeführt, der eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,037 ergab. Da dieser Wert unter einem Alpha von 0,05 liegt, wurde, um jedes Bundesland einzeln zu betrachten und um Abweichungen zu erkennen, ein Post-hoc Test mit Bonferoni-korrigierten Alpha von 0,005 durchgeführt. Dieser Post-hoc Test ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländern, jedoch kann auf Grund des p-Werts von 0,00978 im Burgenland eine Tendenz zu einer höheren Anzahl an Biobetrieben angenommen werden. Zu erwähnen ist, dass die Anzahl der Antworten zu dieser Frage im Burgenland mit 38 eher gering ist und die Aussagekraft daher begrenzt ist.

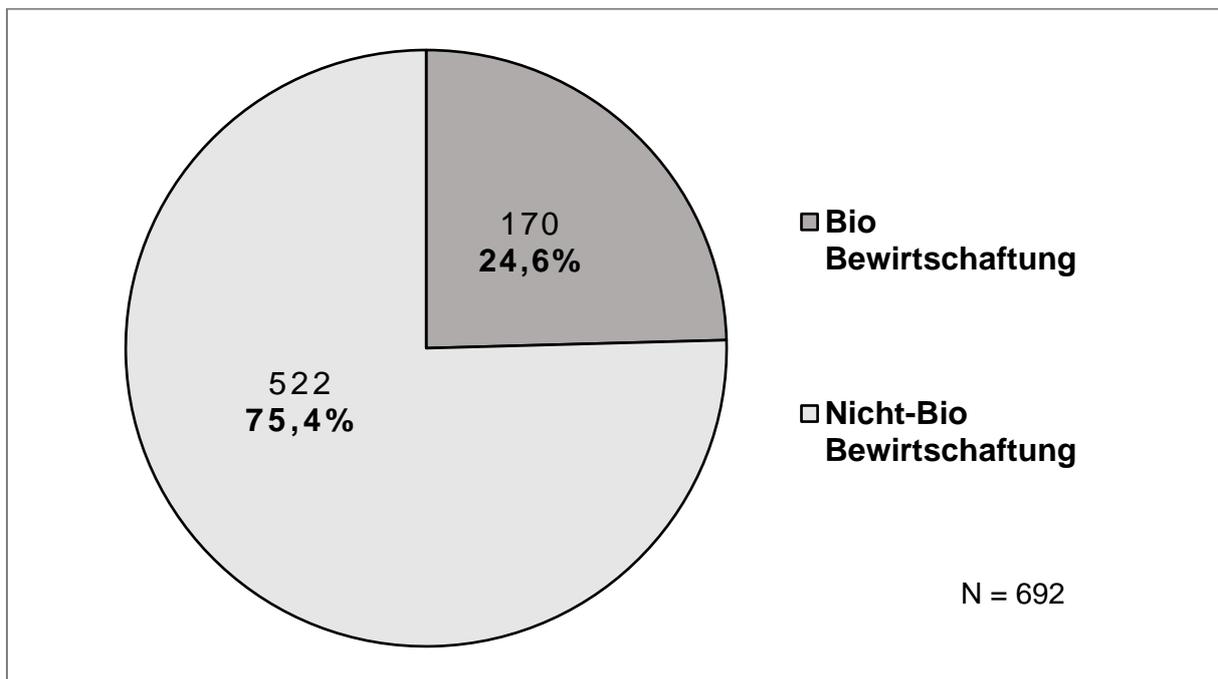


Abbildung 18: Mittels Fragebogen erhobene Bewirtschaftungsform der Ackerbaubetriebe Österreichs.

Es ergibt sich somit, wie in der Abbildung 18 dargestellt, ein Anteil von 24,6% an Biobetrieben und ein Anteil von 75,4% an konventionell bewirtschafteten Betrieben der befragten Gruppe. Im Vergleich dazu ist der Anteil an österreichischen Bio-Ackerbaubetrieben laut Grünen Bericht 2019, mit 19,2% etwas geringer als in der Umfrage erhoben (BMNT, 2019). Diese Werte lassen die Annahme zu, durch die Umfrage ein weitgehend repräsentatives Abbild der Situation auf den österreichischen Ackerbaubetrieben erhalten zu haben.

Weiters wurde ein Chi²-Test nach Pearson für die Bewirtschaftungsart und das Anlegen von Fahrgassen durchgeführt, um vermeintliche Querkorrelationen zu erkennen. Der Chi²-Test ergibt eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 4,20E-53 und zeigt somit eine starke Korrelation zwischen Bewirtschaftungsart und dem Anlegen von Fahrgassen auf. In Abbildung 19 ist dargestellt, dass 85,7% der von der Umfrage erfassten nicht biologisch wirtschaftenden Betriebe Fahrgassen anlegen, während 78,6% der von der Umfrage erfassten Biobetriebe keine Fahrgassen anlegen.

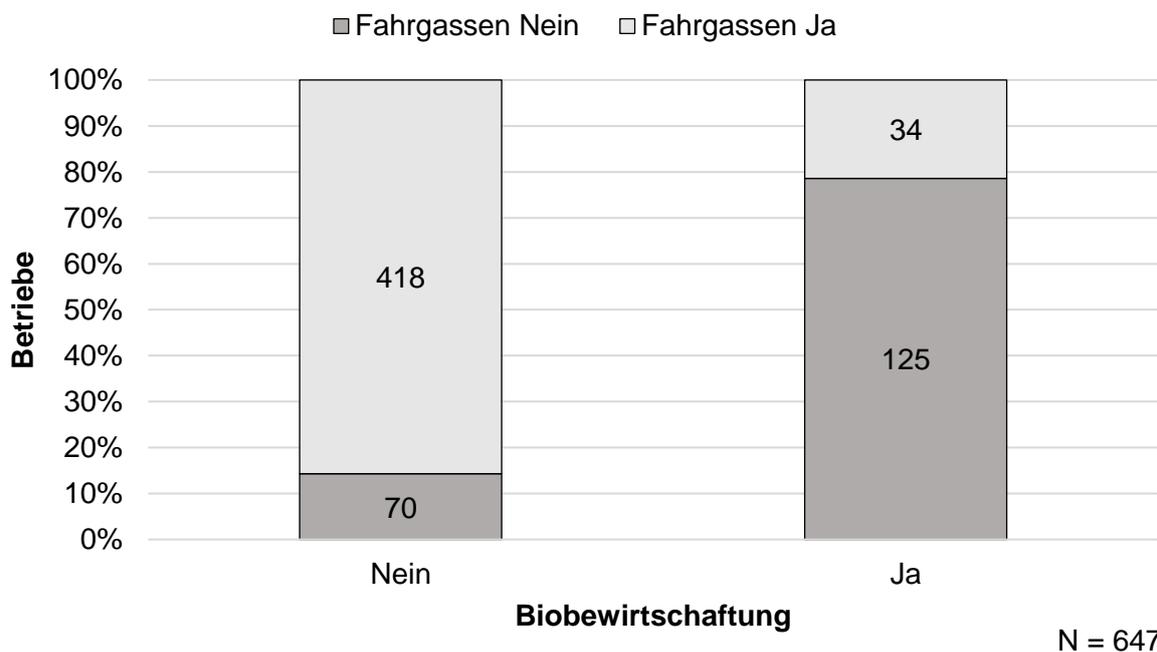


Abbildung 19: Mittels Fragebogen erhobene Daten zu Bewirtschaftungsart und dem Anlegen von Fahrgassen für österreichische Betriebe mit Ackerland.

Der ebenfalls berechnete Phi-Koeffizient ergibt mit 647 Betrieben einem Wert von -0,603. Dies bedeutet eine starke Effektstärke nach Cohen (1988) und eine negative Korrelation des Anlegens von Fahrgassen mit der RTK-Nutzung.

Dies kann auf den vorwiegenden Einsatz von mechanischer Beikrautbekämpfung im biologischen Ackerbau hinweisen. Laut Kunz et al. (2015) kann durch die Verwendung von RTK-GNSS eine leichte Effizienzsteigerung der Beikrautbekämpfung durch das Hacken, im Vergleich zu konventionelle mechanische Methoden, erzielt werden. Im Gegensatz dazu werden auf konventionell bewirtschaftete Ackerflächen vorwiegend Fahrgassen angelegt, da hier Herbizide mit der Pflanzenschutzspritze ausgebracht werden und hierfür eine nicht so exakte Spurführung notwendig ist.

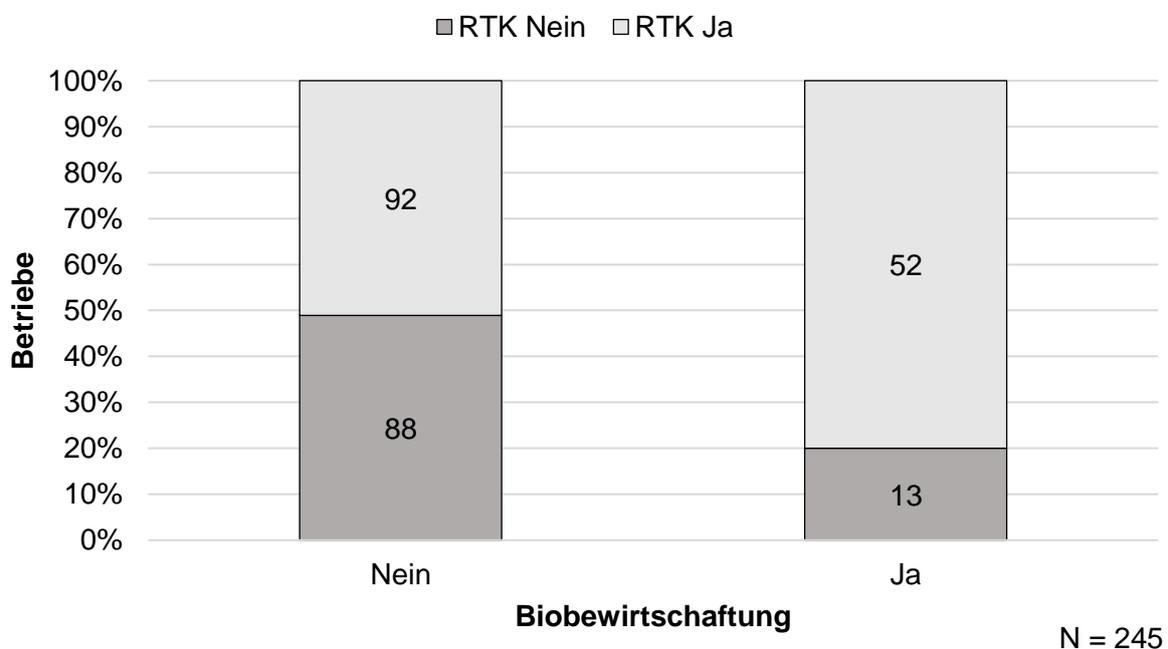


Abbildung 20: Mittels Fragebogen erhobene Daten zu Bewirtschaftungsart und der RTK-Nutzung für österreichische Betriebe mit Ackerland.

Auch für die Bewirtschaftungsart und die RTK-Nutzung wurde ein Chi²-Test nach Pearson durchgeführt. Es wurden nur Antworten von Betrieben betrachtet, welche ebenfalls angegeben haben, allgemein eine Parallelfahreinrichtung zu nützen. Auch dieser Chi²-Test zeigte, mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz von 5,00E-05, eine Querkorrelation auf. Wie in Abbildung 20 zu sehen ist, verwenden 51,1% der von der Umfrage erfassten nicht biologisch wirtschaftenden Betriebe, die eine

Parallelfahreinrichtung verwenden, auch ein RTK-Signal. Wohingegen 80,0% der von der Umfrage erfassten Biobetriebe, die eine Parallelfahreinrichtung verwenden, auch ein RTK-Signal nützen.

Der daraufhin berechnete Phi-Koeffizient ergibt mit 245 Betrieben einem Wert von 0,259. Dies bedeutet nach Cohen (1988) eine schwache Korrelation der RTK-Nutzung mit der biologischen Bewirtschaftung des Betriebs. Dies kann, wie schon oben erwähnt, mit der Mechanischen Unkrautbekämpfung im Bio-Ackerbau zusammenhängen. Neben der oben erwähnten Effizienzsteigerung nach Kunz et al. (2015) ist ein weiterer wesentlicher Vorteil dieser Technik das geringere Ermüden des Fahrers. Nach Shockley et al. (2011) kann mit einem automatischem Lenksystem bei geringerer Ermüdung des Fahrers mehr Arbeitsstunden absolviert werden als mit Maschinen ohne Lenksystem. Auch ist ein besseres Multitasking und somit eine bessere Kontrolle der Maschine möglich.

5.1.4 Anlegen von Fahrgassen

Auf die Frage „Legen Sie, wenn es möglich ist, bei der Aussaat Fahrgassen (für spätere Pflegemaßnahmen sowie Pflanzenschutzmaßnahmen oder Düngerausbringung) auf Ihren Feldstücken an?“ haben 648 Personen geantwortet. Davon kommen 515 Antworten aus Niederösterreich+Wien, 56 aus Oberösterreich, 38 aus dem Burgenland, 34 aus Steiermark+Kärnten und 5 aus Westösterreich.

Der durchgeführte Chi²-Test nach Pearson zeigt eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000079 (7,90E-05). Der daraufhin durchgeführte Post-hoc Test ergab, dass Niederösterreich+Wien und Westösterreich einen p-Wert unter einem nach Bonferoni korrigierten Alpha von 0,005 aufweisen und sich somit, wie in Abbildung 21 dargestellt, vom Rest Österreichs unterscheiden. In Niederösterreich+Wien zeigt der P-Wert von 0,0015, dass mehr Betriebe Fahrgassen anlegen als im Rest Österreichs und in Westösterreich zeigt der p-Wert von 0,00062, dass von weniger Betrieben Fahrgassen angelegt werden als im Rest Österreichs.

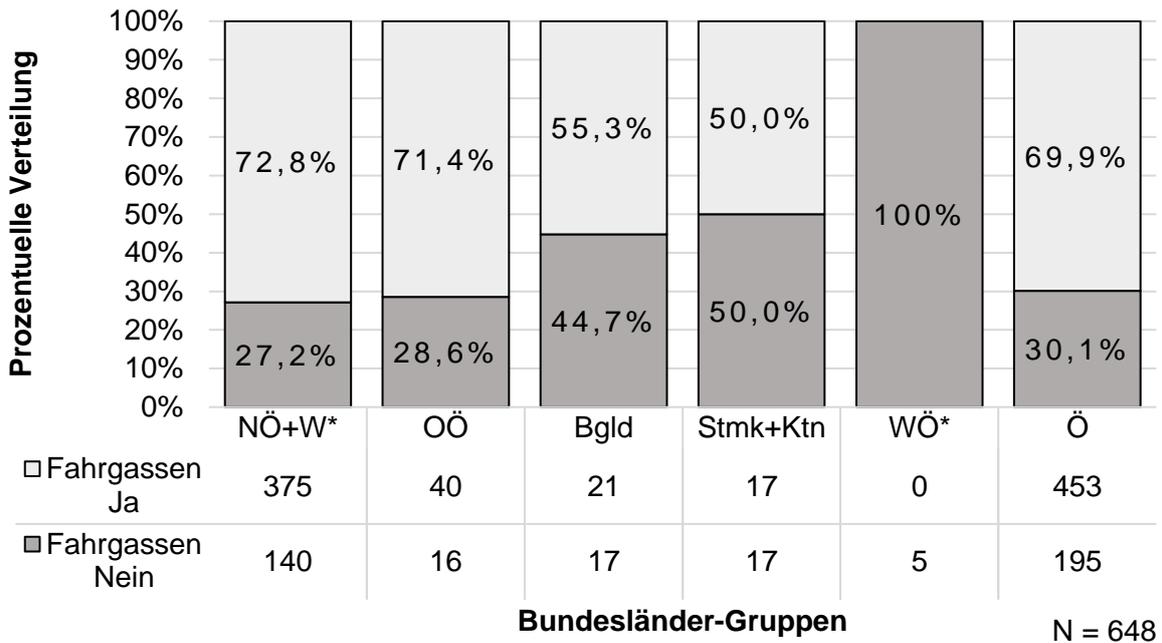


Abbildung 21: Mittels Fragebogen erhobene Betriebe mit Angaben zum Anlegen von Fahrgassen nach Bundesländer-Gruppen und für gesamt Österreich. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.

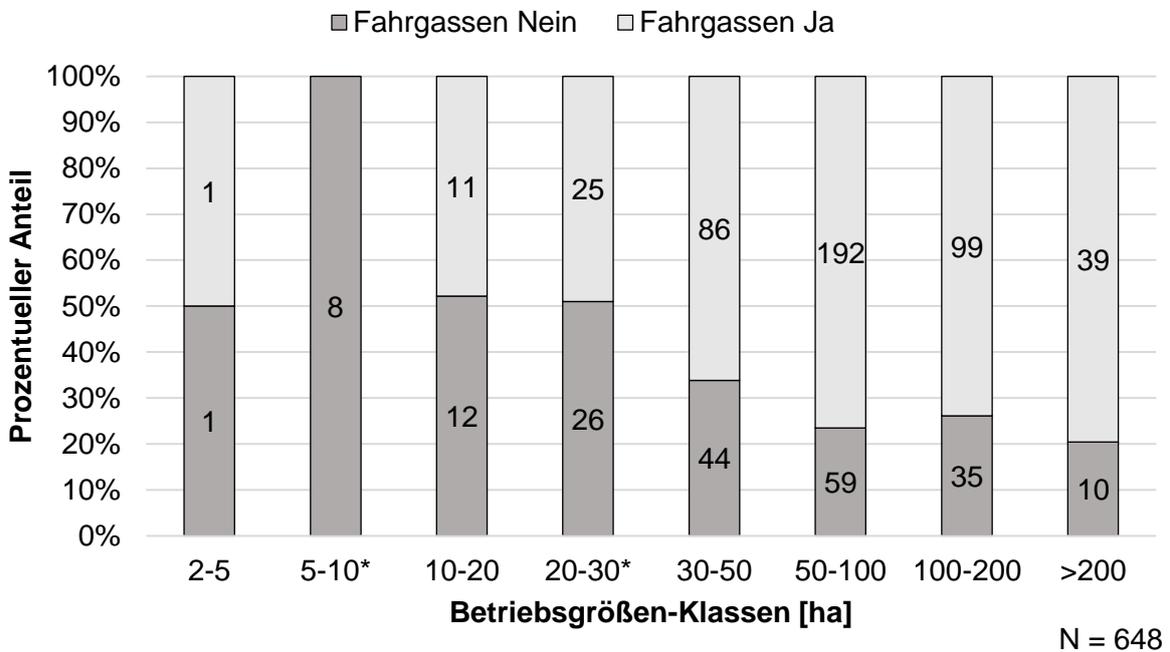


Abbildung 22: Mittels Fragebogen erhobene Betriebe mit Angaben zum Anlegen von Fahrgassen eingeteilt nach Betriebsgrößen-Klassen für gesamt Österreich. Die Betriebsgrößen-Klassen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.

Weiters wurden ein Chi²-Test nach Pearson mit den Daten zum Anlegen von Fahrgassen und den in Abbildung 22 angeführten Betriebsgrößen durchgeführt. Der Chi²-Test ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 2,04E-07. Der daraufhin durchgeführte Post-hoc-Test ergab statistisch signifikante Unterschiede für die Betriebsgrößen von 5 bis 10 Hektar mit einem P-Wert von 1,43916E-05 und für die Betriebsgrößen von 20 bis 30 Hektar mit einem P-Wert von 7,03E-04 bei einem nach Bonferoni korrigierten Alpha von 3,13E-03. Der Post-hoc-Test zeigt sowohl Betriebe mit 5 bis 10 Hektar als auch Betriebe mit 20 bis 30 Hektar, im Vergleich zu den restlichen Betriebsgrößen-Klassen, weniger häufig auf ihren Flächen Fahrgassen anlegen.

Für weitere Erkenntnisse wurde ein Chi²-Test nach Pearson mit der RTK-Nutzung und den Daten zum Anlegen von Fahrgassen durchgeführt. Es wurden nur Antworten betrachtet, die ebenfalls angegeben haben, allgemein eine Parallelfahreinrichtung zu nützen. Die daraus hervorgehende zweiseitige asymptotische Signifikanz von 0,041 zeigt eine schwache Signifikanz. Daraus kann geschlossen werden, dass Betriebe, die RTK-Signal nützen, im Vergleich zu Betrieben die kein RTK-Signal nützen, eher vermindert Fahrgassen auf Ihren Flächen anlegen (siehe Abbildung 23).

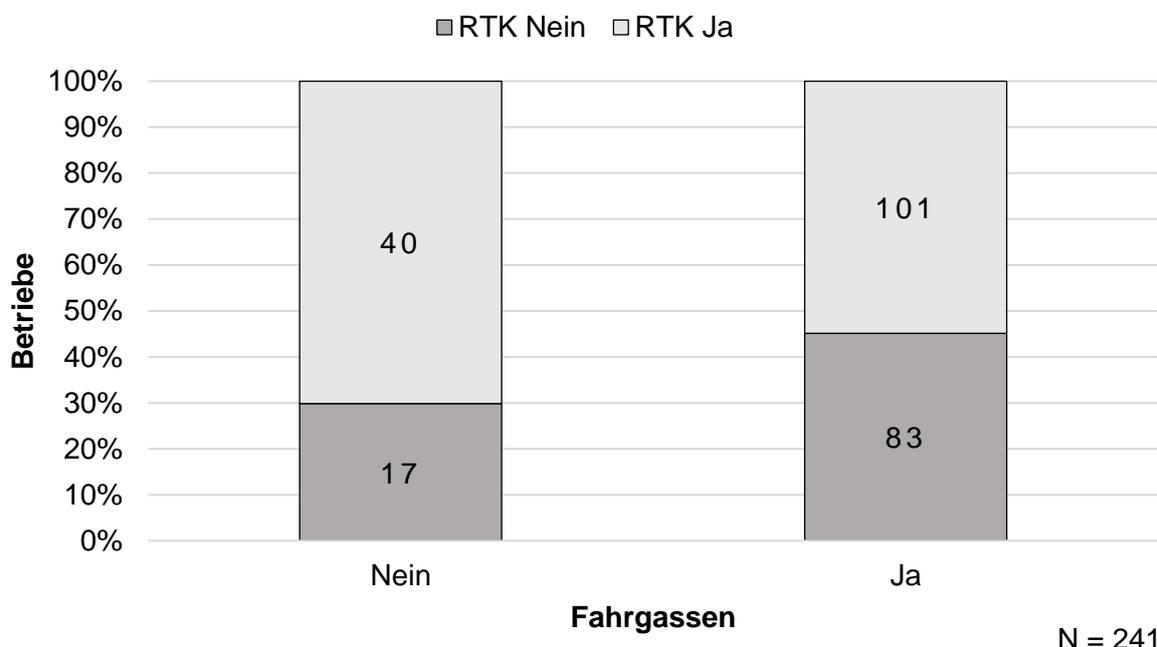


Abbildung 23: Mittels Fragebogen erhobene Daten zum Anlegen von Fahrgassen und RTK-Nutzung gefiltert mit der allgemeinen Nutzung von Lenksystemen.

Der ebenfalls berechnete Phi-Koeffizient ergibt, bei 241 Betrieben, einen Wert von -0,132. Diese negative Korrelation der RTK-Nutzung mit dem Anlegen von Fahrgassen welche nach Cohen (1988) eine schwache Effektstärke aufweist, kann sich aufgrund der Nutzung von RTK-Technik ergeben, da diese die Nutzung von Fahrgassen als Spurführung überflüssig macht.

5.1.5 Lenksysteme und Nutzung von RTK-Signal

Auf die allgemeine Nutzung von Lenksystemen wurde über die Frage „Nutzen Sie mit Ihrem Traktor / Ihren Traktoren Parallelfahreinrichtungen? [Nein]“ geschlossen. Es wurde angenommen, dass Betriebe, welche die Frage mit „Ja“ beantwortet haben, keine Art von Lenksystemen nutzen und Betriebe, welche die Frage mit „Nein“ beantwortet haben, mindestens eine Art von Lenksystemen auf ihrem Betrieb im Einsatz haben. Es haben insgesamt 688 Betriebe auf die Frage geantwortet. Davon waren 548 aus Niederösterreich und Wien, 61 aus Oberösterreich, 39 aus dem Burgenland, 34 aus der Steiermark und Kärnten und 6 aus Westösterreich.

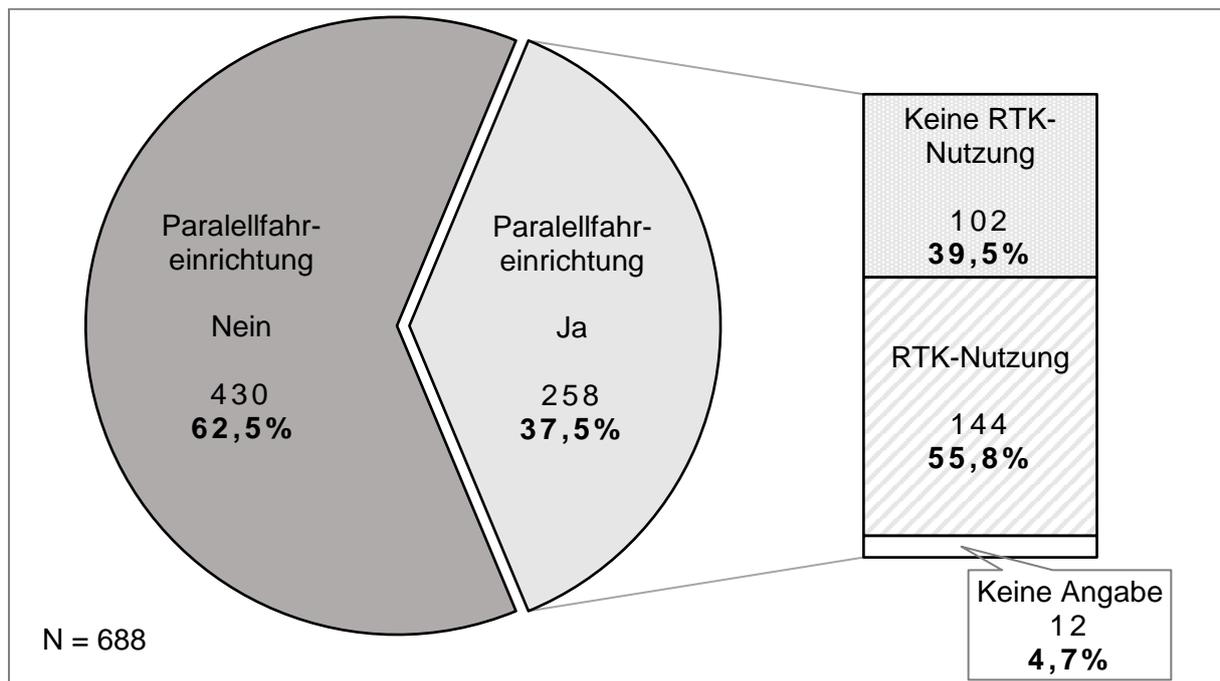


Abbildung 24: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von Parallelfahreinrichtung allgemein mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs.

Ein Chi²-Test nach Pearson ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,102 und somit keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den

Bundesländer-Gruppen. Um eventuelle Tendenzen zu erkennen wurde ein Post-hoc Test mit einem nach Bonferoni korrigierten Alpha von 0,005 durchgeführt welcher mit dem kleinsten p-Wert von 0,02993 im Burgenland, keine Tendenzen vermuten lässt.

Es nützen 37,5% der Befragten eine Art von Lenksystem und 62,5% der Befragten nützen keine Lenksysteme. Dieses Ergebnis unterstützt die Vermutung, dass ein Großteil der österreichischen Ackerbaubetriebe noch keine Lenksysteme nutzen und daher noch ein großer Teil des Energieeinsparungspotentials noch nicht genutzt wird. Laut Kelc et al. (2019) sind durch die Nutzung von Lenksystemen mit RTK-Signal im Vergleich zur manuellen Befahrung bei der Bodenbearbeitung mit dem Grubber bei einer 3 m Arbeitsbreite 8,66% an Triebstoffeinsparungen und 15,9% an Einsparungen des ökologischen Fußabdrucks möglich. Bei 6 m Arbeitsbreite sind die Einsparungen beim Treibstoff 8,28% und beim ökologischen Fußabdruck 12,9%. Diese Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da sie unter anderem mit einer optimierten Feldbreite von 58 m zur Erreichung eines maximalen Einsparungspotentials, erzielt wurden. Gemäß den Untersuchungen von Fassler (2018) und Landerl (2009) fallen die Einsparungen zwar geringer aus, auf Grund der geringen Nutzung der Parallelfahreinrichtungen auf österreichischen Ackerflächen bleibt das Einsparungspotential jedoch erheblich.

Weiters wurden Korrelationen zwischen dem Einsatz von Parallelfahreinrichtungen und den Betriebsgrößen, eingeteilt in Klassen, mittels Chi²-Test nach Pearson untersucht. Der Test ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 3,47E-15. Der daraufhin durchgeführte Post-hoc-Test mit einem nach Bonferoni korrigierten Alpha ergab bei den Betriebsgrößen-Klassen 10 bis 20 Hektar, 20 bis 30 Hektar, 30 bis 50 Hektar, 100 bis 200 Hektar und über 200 Hektar einen p-Wert von 3,13E-03. Wie auch in Abbildung 25 dargestellt ist, werden von den Betrieben mit einer Betriebsgröße bis 50 Hektar vergleichsweise wenig Parallelfahreinrichtungen eingesetzt und Betriebe mit einer Betriebsgröße über 100 Hektar setzen diese Technik mehr als 50% ein. Bei den Betriebsgrößen-Klassen 2-5 ha und 5-10 ha ergibt sich auf Grund des geringen Rücklaufs an Fragebögen keine Signifikanz.

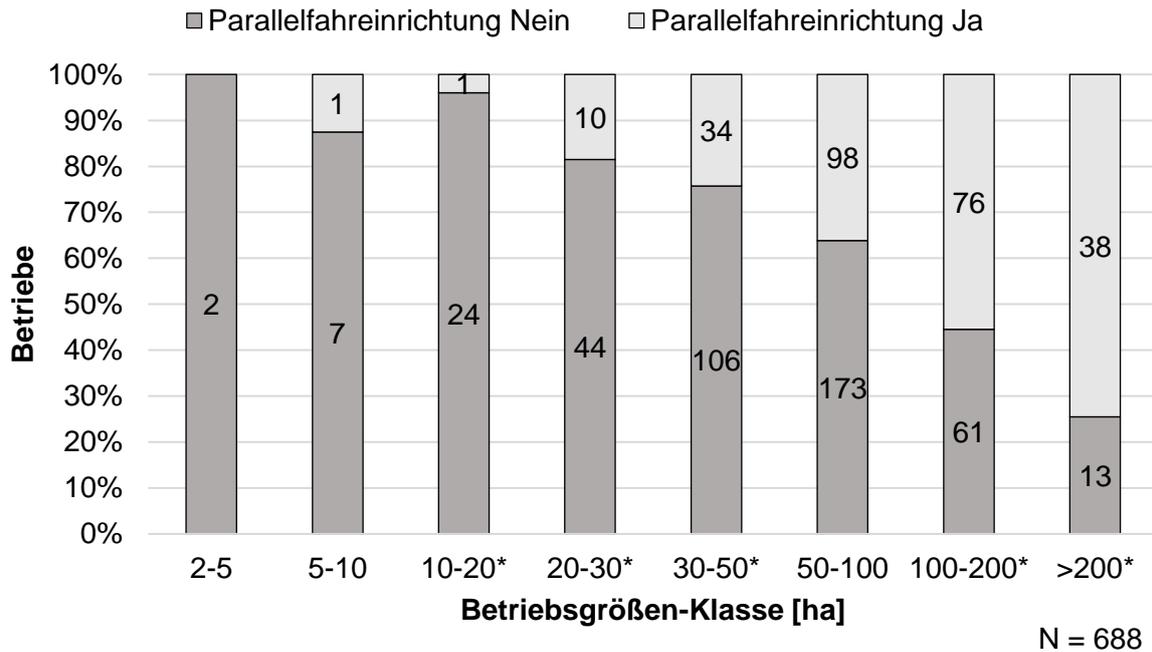


Abbildung 25: Mittels Fragebogen erhobene Betriebe mit Angaben zur Nutzung von Parallelfahreinrichtungen eingeteilt nach Betriebsgrößen-Klassen für gesamt Österreich. Die Betriebsgrößen-Klassen, bei denen der P-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.

Durch die in Abbildung 25 zu sehenden Unterschieden zwischen den Betriebsgrößen-Klassen kann vermutet werden, dass für kleinere Betriebe die Hürde höher ist eine Anschaffung von Parallelfahreinrichtungen wirtschaftlich zu rechtfertigen. Dies deckt sich mit Petersen et al. (2018), da laut diesem die Betriebsgröße ein wesentlicher Faktor für die Verbreitung von Precision Farming in Schleswig-Hollstein ist und kleinere Betriebe Precision Farming oftmals als zu kapitalintensiv einschätzen.

Bei den unten angeführten Auswertungen zu Lenkhilfeprogrammen, nachgerüstete automatische Lenkungen und Lenkautomaten bzw. Lenkassistenten wurden nur jene Antworten betrachtet, welche bei der obigen allgemeinen Frage zu Parallelfahreinrichtungen angegeben haben, diese zu nutzen.

Die Frage „Nutzen Sie mit Ihrem Traktor / Ihren Traktoren Parallelfahreinrichtungen? [Ja- Lenkhilfeprogramme bzw. Unterstützung durch Anzeige (selbst Lenken erforderlich)]“ wurde von 258 Betrieben beantwortet. Der Chi²-Test nach Pearson hat mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz von 0,650 keine statistisch

signifikanten Unterschiede oder Tendenzen zwischen den Bundesländer-Gruppen aufgezeigt.

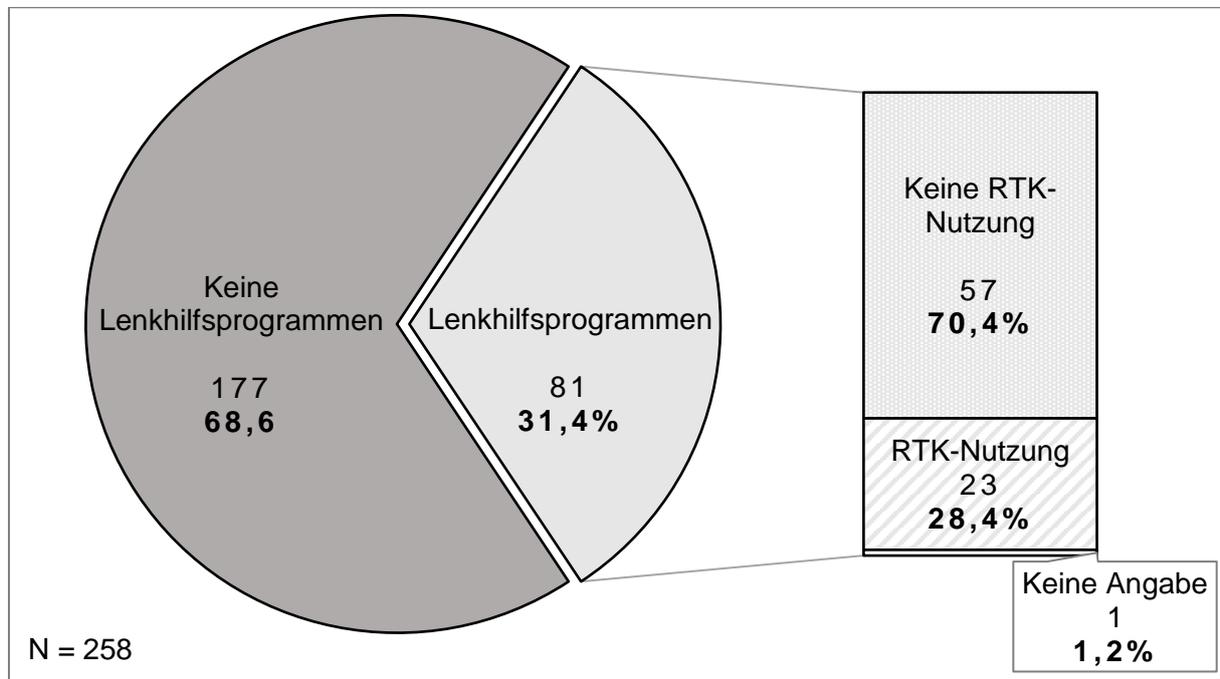


Abbildung 26: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von Lenkhilfsprogrammen mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs.

In der Abbildung 26 ist zu sehen, dass 31,4% der 258 Betriebe Lenkhilfsprogramme verwenden, bei denen das Lenken an sich der Fahrer durchführt. Die restlichen 68,6% verwenden keine solche Technik. Zu sehen ist auch, dass in diesem Segment mit 70,4% der Großteil der Betriebe, die Lenkhilfsprogramme verwenden, kein RTK-Signal nützen.

Auch die Frage „Nutzen Sie mit Ihrem Traktor / Ihren Traktoren Parallelfahreinrichtungen? [Ja- automatische Lenkung (nachgerüstet)]“ wurde von 258 Betrieben beantwortet. Der Chi²-Test ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,757 und somit keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländer-Gruppen.

Von den 258 Betrieben, verwenden 38,4% automatische Lenkungen, welche nachgerüstet wurden. Die restlichen 61,6% verwenden keine solche Technik. Von den

Betrieben, die nachgerüstete automatische Lenkungen verwenden, gaben über 70% an ein RTK-Signal zu nutzen (siehe Abbildung 27).

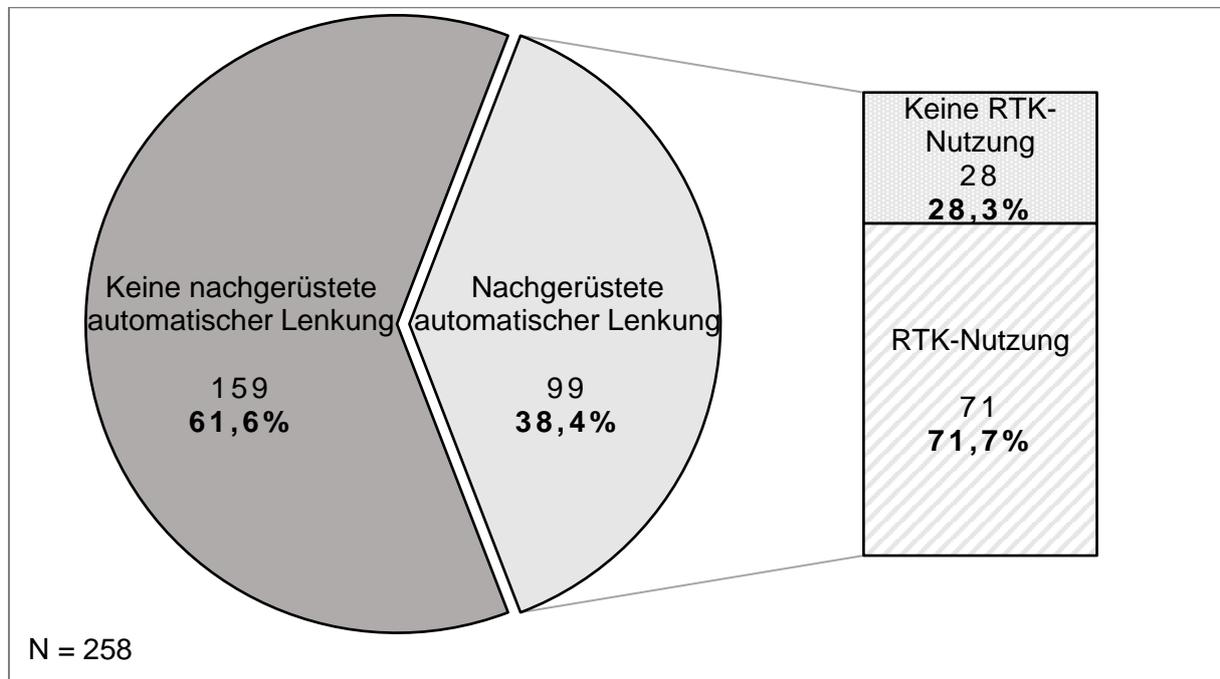


Abbildung 27: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von nachgerüsteten automatischen Lenkungen mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs.

Die Frage „Nutzen Sie mit Ihrem Traktor / Ihren Traktoren Parallelfahreinrichtungen? [Ja- Lenkautomaten bzw. Lenkassistenten]“ wurde ebenfalls von 258 Betrieben beantwortet und der der Chi²-Test ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,389 und somit keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländer-Gruppen.

Von den 258 Betrieben haben 48,8% angegeben einen Lenkautomat oder einen Lenkassistenten einzusetzen und 51,2% gaben an dies nicht zu tun. Mit knapp 50% ist dies der höchste Prozentwert im Vergleich zu den beiden vorherigen Lenksystemen. Mit 77,8% ist auch die Nutzung von einem RTK-Signal bei der Gruppe der Betriebe, welche Lenkautomaten oder Lenkassistenten verwenden, im Vergleich zur Gruppe von Lenkhilfsprogrammen und von nachgerüsteten automatischen Lenkungen, am größten.

Es ist zu erwähnen, dass die Summe der Betriebe, die die jeweiligen Lenksysteme nutzen, die Anzahl der allgemeinen Nutzung, wie in Abbildung 24 dargestellt, überschreitet. Dies liegt daran, da ein Betrieb mehrere Arten von Lenksystemen im Einsatz haben kann.

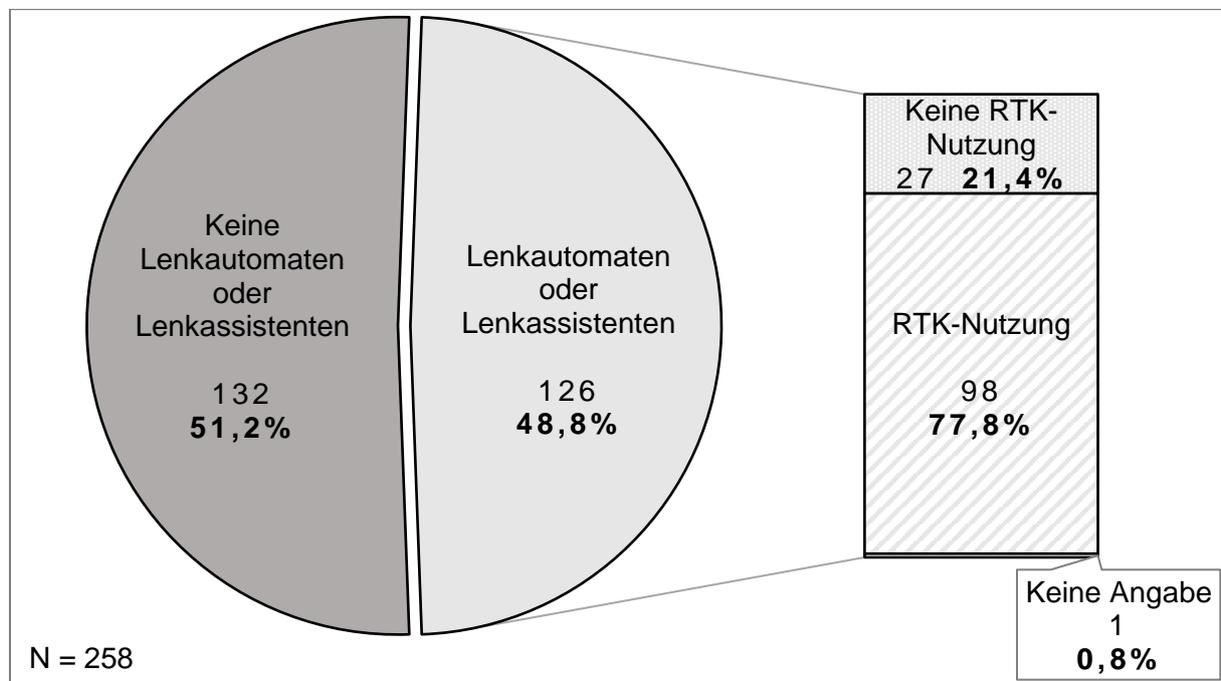


Abbildung 28: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von Lenkautomaten oder Lenkassistenten mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs.

Bei der Frage „Wissen Sie, welches Korrektursignal Ihr Lenkautomat/Ihre Lenkhilfe nutzt? [Kostenpflichtiges Satellitenkorrektursignal, RTK]“ gibt es 246 valide Antworten. Davon kommen 193 aus Niederösterreich und Wien, 23 aus Oberösterreich, 20 aus dem Burgenland, 9 aus der Steiermark und Kärnten, 1 aus Westösterreich. Der durchgeführte Chi²-Test ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,035, welche geringer als ein Alpha von 0,05 ist und somit statistisch signifikante Unterschiede von RTK-Nutzung zwischen den Bundesländer-Gruppen bestehen. Aufgrund dessen wurde ein Post-hoc Test durchgeführt. Dieser ergab bei einem nach Bonferoni korrigiertem Alpha von 0,005 einen statistisch signifikanten p-Wert von 0,00288 des Bundeslandes Burgenland. In der Abbildung 29 ist zu erkennen, dass die Nutzung von RTK-Signalen im Burgenland, im Vergleich zum restlichen Österreich, signifikant höher ist. Jedoch ist zu bedenken, dass die Zahl von 20 Antworten im

Burgenland relativ gering war und der Rücklauf aus dem Burgenland in Bezug auf die Betriebsgröße über den Schnitt der anderen Bundesländer lag. Bei den anderen Bundesländer-Gruppen sind keine statistisch signifikanten Unterschiede oder Tendenzen zu erkennen.

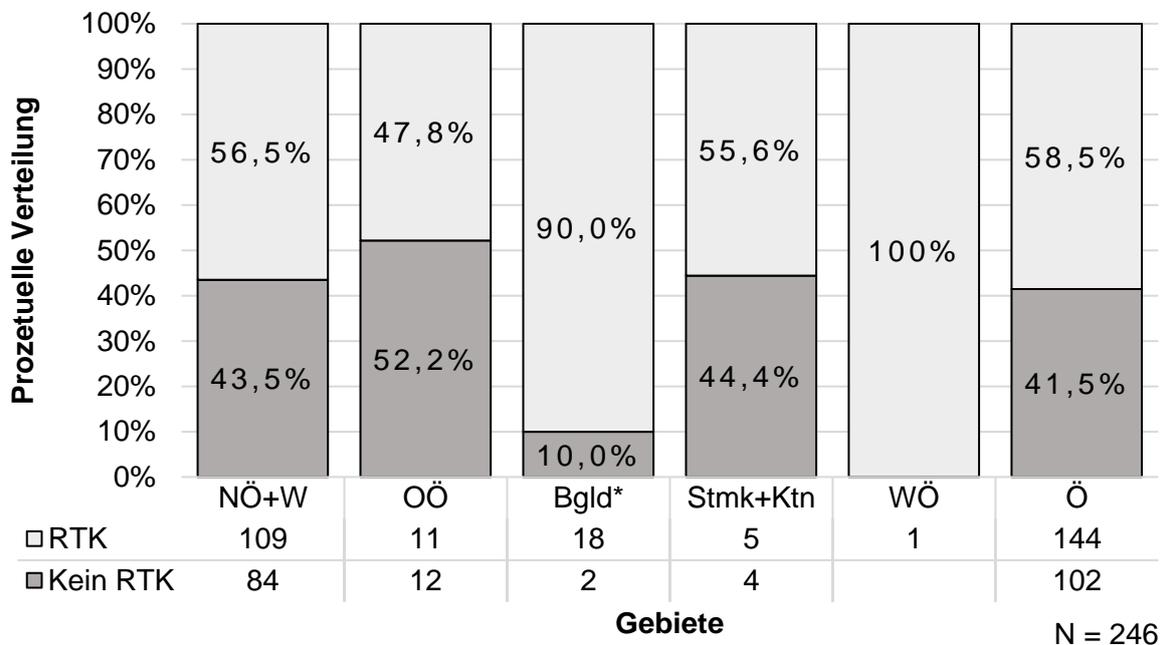


Abbildung 29: Mittels Fragebogen erhobene RTK-Nutzung auf den Ackerbaubetrieben Österreichs. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der P-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.

Weiters wurde ein Chi²-Test nach Pearson durchgeführt welcher eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,604 und somit keine signifikanten Unterschiede in der RTK-Nutzung zwischen Betrieben mit verschiedenen Betriebsgrößen ergab. Auch für diesen Test wurden dieselben Daten-Filter wie für den obigen Test zur RTK-Nutzung je Bundesland-Gruppe verwendet.

Die RTK-Nutzung laut Umfrage für nachgerüstete Lenksysteme und für Lenkautomaten oder Lenkassistenten deckt sich mit den Ergebnissen von Jurišić et al. (2018). Dieser beschreibt die Verwendung von Lenksystemen mit RTK-Nutzung vorwiegend in Familienbetrieben in Kroatien.

5.1.6 Art der Wendemanöver

Auf die Frage „Welches Wendemanöver wenden Sie mit Ihrer Zugmaschine hauptsächlich bei Arbeiten am Feld an?“ haben 663 Betriebe geantwortet. Von diesen Antworten kommen 527 aus Niederösterreich und Wien, 58 aus Oberösterreich, 38 aus dem Burgenland, 34 aus der Steiermark und Kärnten, 6 aus Westösterreich. Der Chi²-Test nach Pearson ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,371 und auch der nachfolgende Post-hoc Test zeigte ebenfalls keine Unterschiede oder Tendenzen auf. In der Abbildung 30 ist zu sehen, dass mit 29% nur knapp ein Drittel der Befragten bei der Feldbefahrung ein direktes Wendemanöver vollziehen und die restlichen Zweidrittel beim Wenden zurücksetzen.

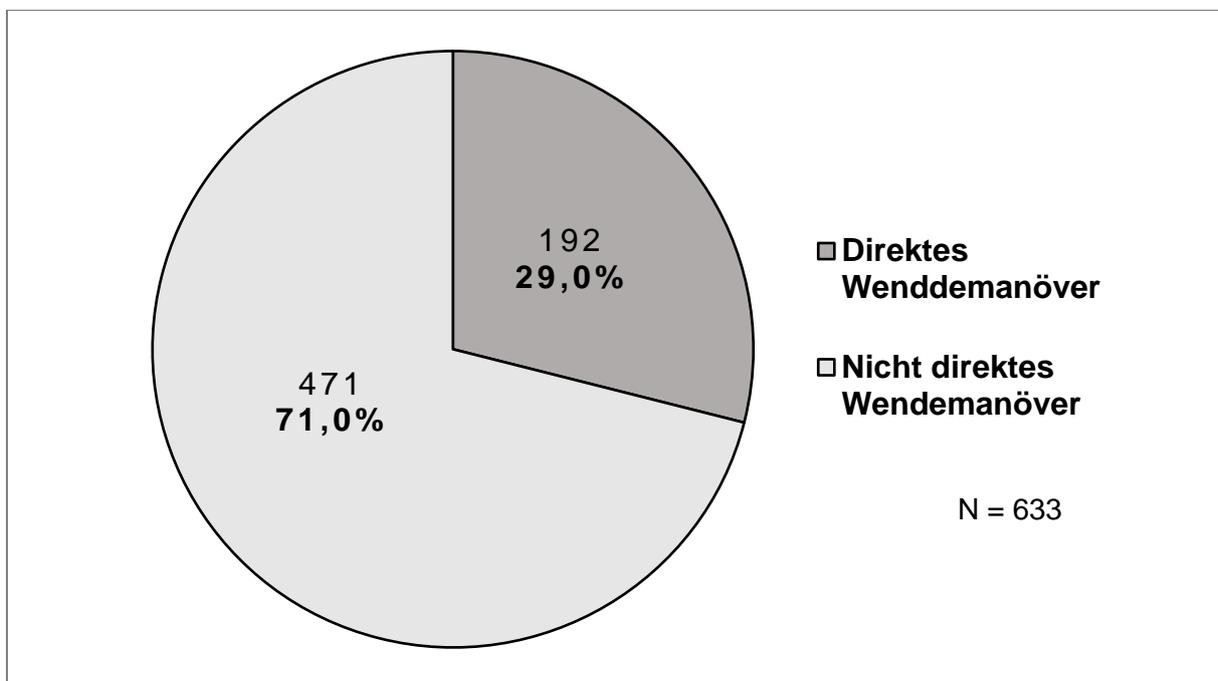


Abbildung 30: Mittels Fragebogen erhobene Art des Wendemanövers für gesamt Österreich.

Der daraufhin berechnete Phi-Koeffizient ergibt mit 242 Betrieben einem Wert von 0,176. Dies bedeutet, dass das direkte Wendemanöver nach Cohen (1988) schwach mit der RTK-Nutzung korreliert (siehe Abbildung 31). Dies ist schlüssig, da das Verwenden von Spurführungssystemen ein direktes Wenden und das Auslassen von Fahrspuren ermöglicht. Laut Demmel (2007), Kral et al. (2017), Landerl (2009) und Moitzi (2007) sind durch direkte Wendemanöver Zeitersparnisse von um die 15

Prozent bis zu 35 Prozent möglich. Weiters sind das zweimalige Abbremsen und Wiederanfahren des Traktors beim indirekten Wendemanöver am Vorgewende ein weiterer potenzieller Bereich, um Energieeinsparungen zu erreichen.

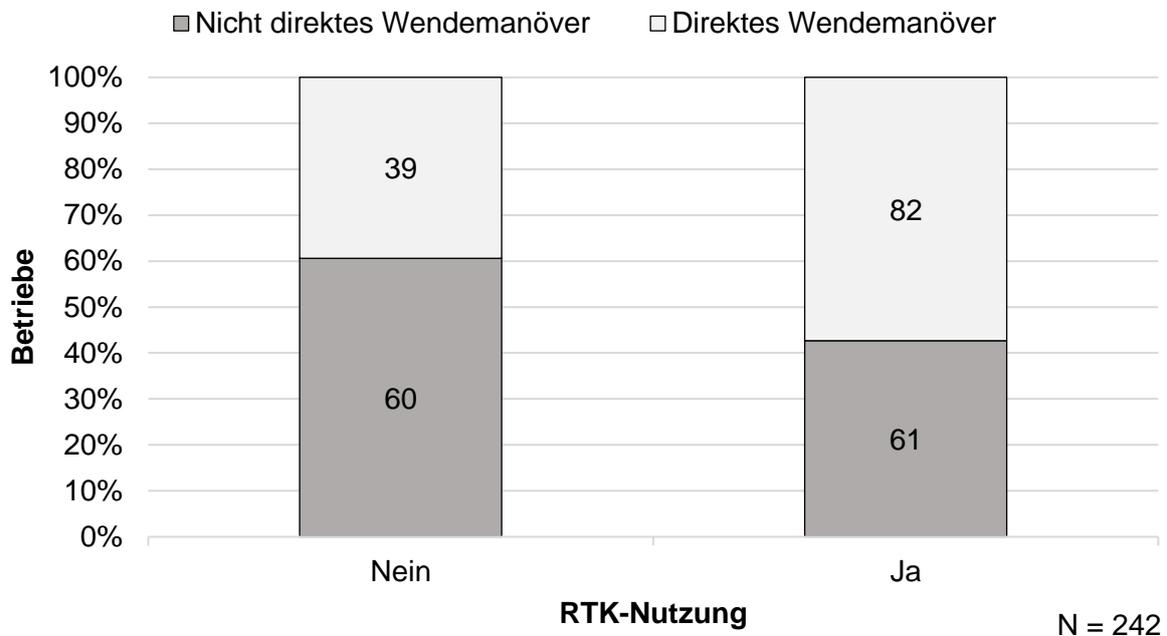


Abbildung 31: Mittels Fragebogen erhobene Daten zur Art des Wendemanövers und RTK-Nutzung gefiltert mit der allgemeinen Nutzung von Lenksystemen.

5.1.7 Teilbreitenschaltung

In der Umfrage wurde die Verwendung und Art der Teilbreitenschaltung abgefragt. Für die Auswertung bezüglich Art der Teilbreitenschaltung wurden nur jene Antworten herangezogen, welche auch die Frage zur Verwendung von Teilbreitenschaltung beim jeweiligen Anbaugerät mit „Ja“ beantwortet haben.

Auf die Frage „Besitzt das von Ihnen genutzte Gerät/Maschine zur Aussaat die Möglichkeit Teilbreiten zu- bzw. abzuschalten?“ wurden 635 mal geantwortet. Davon sind 507 Antworten aus Niederösterreich und Wien, 53 aus Oberösterreich, 37 aus dem Burgenland, 33 aus der Steiermark und Kärnten und 5 Antworten aus Westösterreich. Der durchgeführte Chi²-Test nach Pearson ergab mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz von 0,243 keine statistisch signifikanten

Unterschiede zwischen den Bundesländergruppen und auch der darauffolgende Post-hoc Test ergab keine solchen Unterschieden oder Tendenzen.

Von den 635 Betriebe gaben, wie in der Abbildung 32 dargestellt, 55,6% an, Teilbreitenschaltung bei der Aussaat zu nützen.

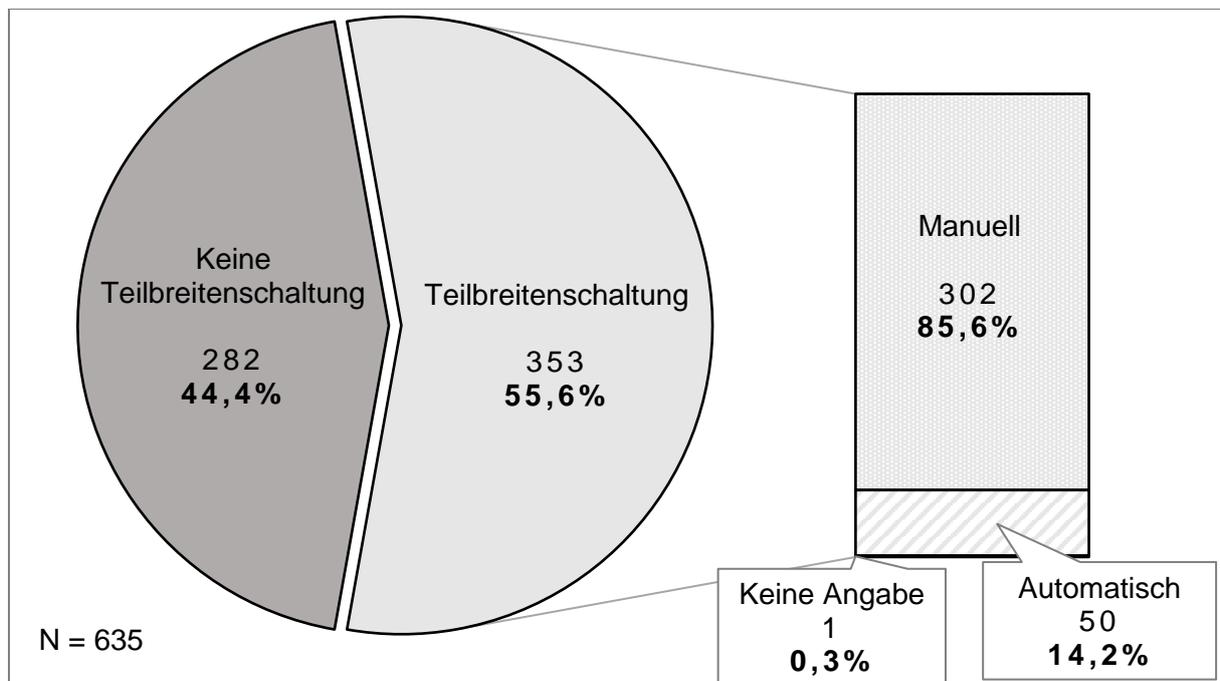


Abbildung 32: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung und -art der zur Aussaat verwendeten Geräte für gesamt Österreich.

Von diesen 353 Betrieben beantworteten 352 die daraufhin gestellte Frage „Wie werden die Teilbreiten zu- bzw. abgeschaltet?“. Davon kommen 287 Antworten aus Niederösterreich und Wien, 22 aus Oberösterreich, 23 aus dem Burgenland, 17 aus der Steiermark und Kärnten und 3 aus Westösterreich. Der Chi²-Test nach Pearson mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz von 0,291 ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede oder Tendenzen zwischen den Bundesländer-Gruppen.

Wie in der in der Abbildung 32 zu sehen ist, verwenden 14,2% der 353 Betriebe, welche die Frage beantwortet haben, eine GPS- oder sensorgesteuerte Teilbreitenschaltung und 85,6% eine manuell gesteuerte Teilbreitenschaltung.

Auf die Frage „Hat der von Ihnen genützte Mineraldüngerstreuer eine Teilbreitenschaltung?“ gaben 506 Betriebe eine Antwort. Von diesen sind 408 aus Niederösterreich und Wien, 47 aus Oberösterreich, 26 aus dem Burgenland, 21 aus der Steiermark und Kärnten, 4 aus Westösterreich. Durch die asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,015 aus dem Chi²-Test nach Pearson wird ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Bundesländer-Gruppen angenommen. Der Post-hoc Test mit einem nach Bonferoni korrigierten Alpha von 0,005 ergibt einen statistisch signifikanten P-Wert der Antworten aus Niederösterreich und Wien.

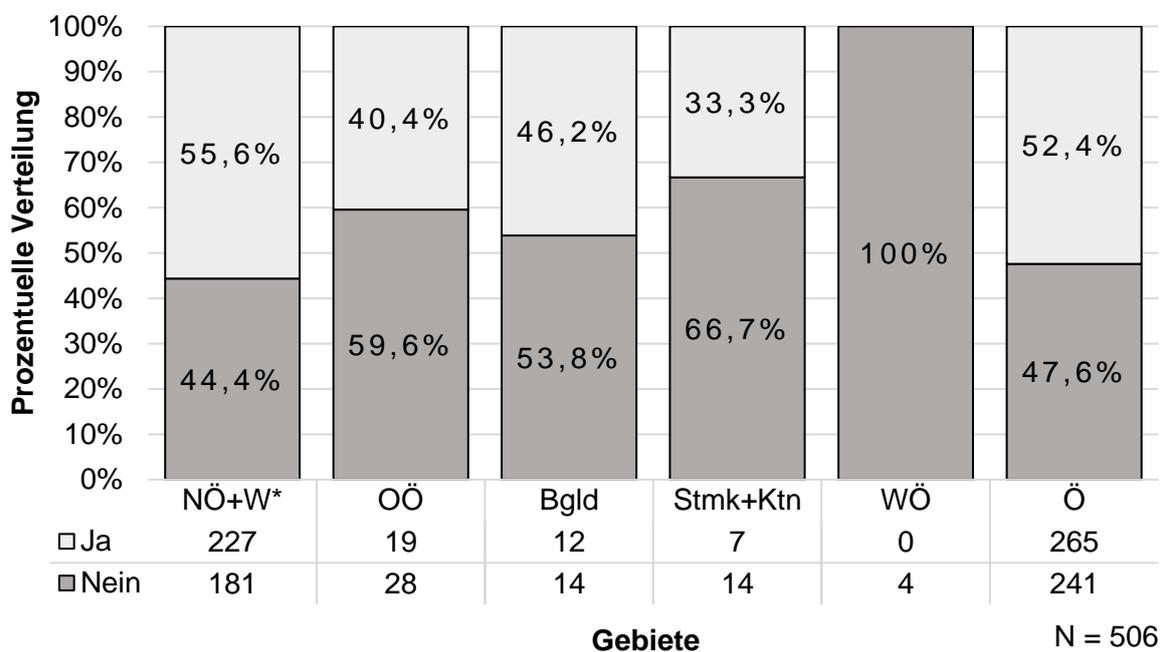


Abbildung 33: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung des Mineraldüngerstreuers aufgeteilt in die Gebiete Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.

Wie in Abbildung 33 zu sehen ist, werden in Niederösterreich und Wien im Vergleich zum restlichen Österreich signifikant mehr Mineraldüngerstreuer mit Teilbreitenschaltung eingesetzt. In der Steiermark und Kärnten wird mit 33,3%, nach Westösterreich, im geringsten Umfang Teilbreitenschaltung beim Mineraldüngerstreuer eingesetzt.

Von diesen 256 Betrieben, die angegeben haben, Teilbreitenschaltung beim Mineraldüngerstreuer einzusetzen, haben alle auf die darauffolgende Frage „Wie werden die Teilbreiten zu- bzw. abgeschaltet?“ geantwortet. Es kommen 227 Antworten aus Niederösterreich und Wien, 19 aus Oberösterreich, 12 aus dem Burgenland und 7 aus der Steiermark und Kärnten, keine aus Westösterreich. Der Chi²-Test nach Person ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,024. Der daraufhin durchgeführte Post-hoc Test hat keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländer-Gruppen aufgezeigt. Der niedrigste p-Wert ist jener des Burgenlandes mit 0,0122 bei einem nach Bonferoni korrigiertem Alpha von 0,00625. Es kann vermutet werden, dass im Burgenland eine Tendenz zu vermehrtem Einsatz von GPS oder/und sensorgesteuerter Teilbreitenschaltung beim Mineraldüngerstreuer besteht.

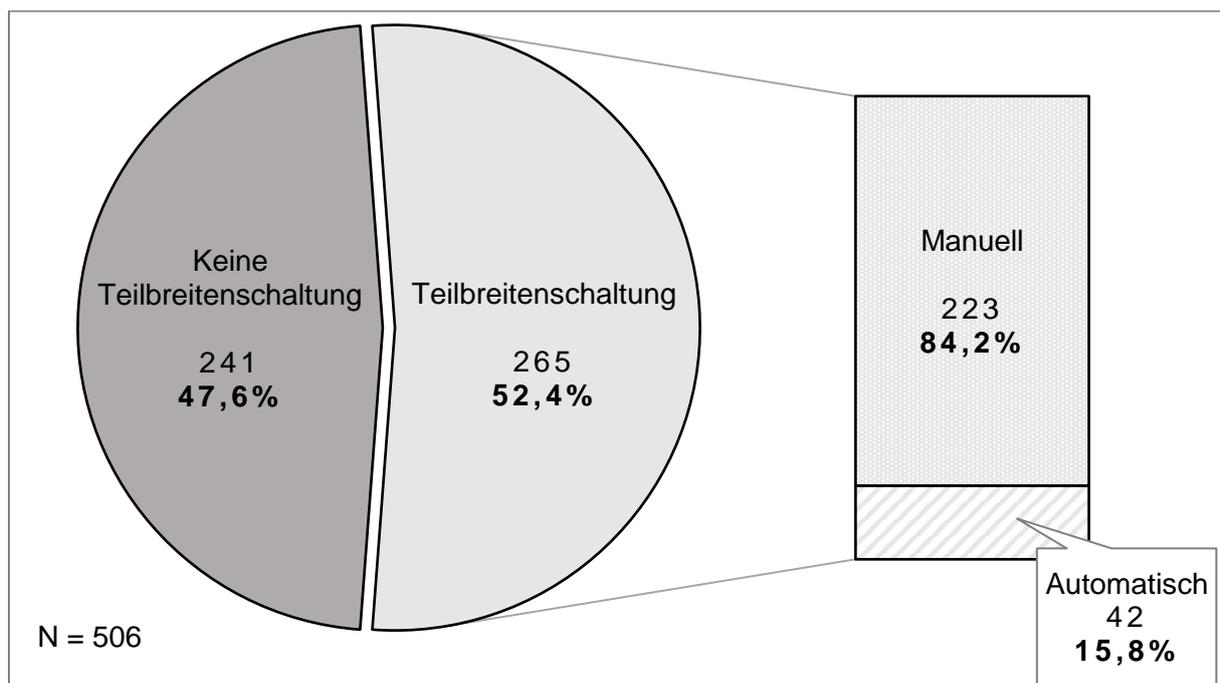


Abbildung 34: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung und -art des Mineraldüngerstreuers für gesamt Österreich.

Von den Betrieben, die angegeben haben, Teilbreitenschaltung beim Mineraldüngerstreuer zu nutzen, haben 15,8% angegeben dies automatisch über GPS

oder/und Sensortechnik zu steuern. 84,2% wiederum gaben an, dies manuell zu steuern.

Sowohl bei den zur Aussaat verwendeten Geräten als auch beim Mineraldüngerstreuer ergeben sich, bis auf wenige Prozent, fast genau gleichen Verhältnisse bei der Verwendung und Art der Teilbreitenschaltung. Festzustellen ist bei beiden, dass nur etwas mehr als die Hälfte der Betriebe Teilbreitenschaltung verwendet und diese zu circa 85% manuell geschaltet wird. Dies bedeutet, dass ein großes Einsparungspotential durch Nutzung von automatischer Teilbreitenschaltung vorhanden ist. Laut Corassa et al. (2018) beläuft sich die Überlappung der bepflanzten Fläche auf den betrachteten brasilianischen Feldern, auf durchschnittlich 5,5%. Auf Feldern mit sogenannten „irregulärer“ Form ist der Überlappungsanteil erfahrungsgemäß noch höher. Mittels automatischer Teilbreitenschaltung sind laut Corassa et al. (2018) bei der Aussaat von Soja, Saatguteinsparungen möglich und bei Mais kommt zu den Saatguteinsparungen noch eine Steigerung des Ertrags hinzu.

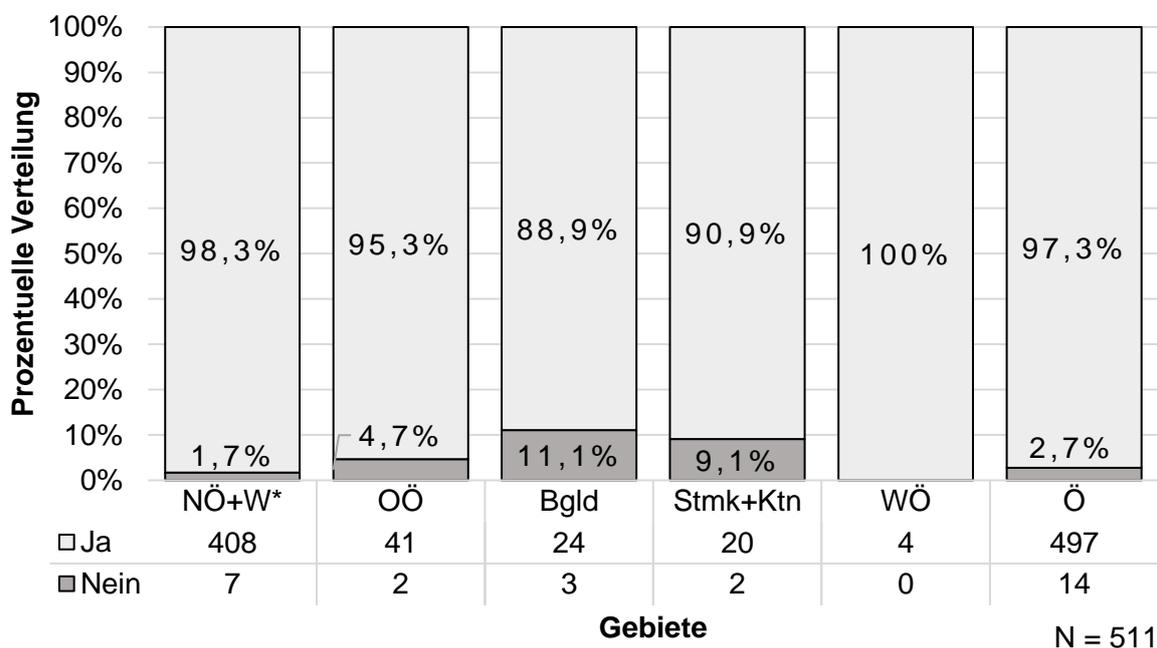


Abbildung 35: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung der Pflanzenschutzspritze aufgeteilt in Gebiete (Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich). Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.

Auf die Frage „Besitzt Ihre Pflanzenschutzspritze die Option, Teilbreiten zu- bzw. wegzuschalten?“ haben 511 Betriebe geantwortet, 415 Antworten kamen aus Niederösterreich und Wien, 43 aus Oberösterreich, 27 aus dem Burgenland, 22 aus der Steiermark und Kärnten, 4 aus Westösterreich. Der durchgeführte Chi²-Test nach Pearson ergab eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,012 und der Post hoc Test einen p-Wert von 0,00243 bei Niederösterreich und Wien bei einem nach Bonferoni korrigierten Alpha von 0,005.

Somit kann darauf geschlossen werden, dass in Niederösterreich und Wien statistisch signifikant mehr Teilbreitenschaltung bei der Pflanzenschutzspritze verbreitet ist, als im Rest Österreichs. Zu erwähnen ist der p-Wert des Burgenlandes von 0,00617, welcher eine Tendenz zu einer geringeren Nutzung von Teilbreitenschaltung bei der Pflanzenschutzspritze vermuten lässt. Diese Unterschiede und Tendenzen sind in der Abbildung 35 dargestellt.

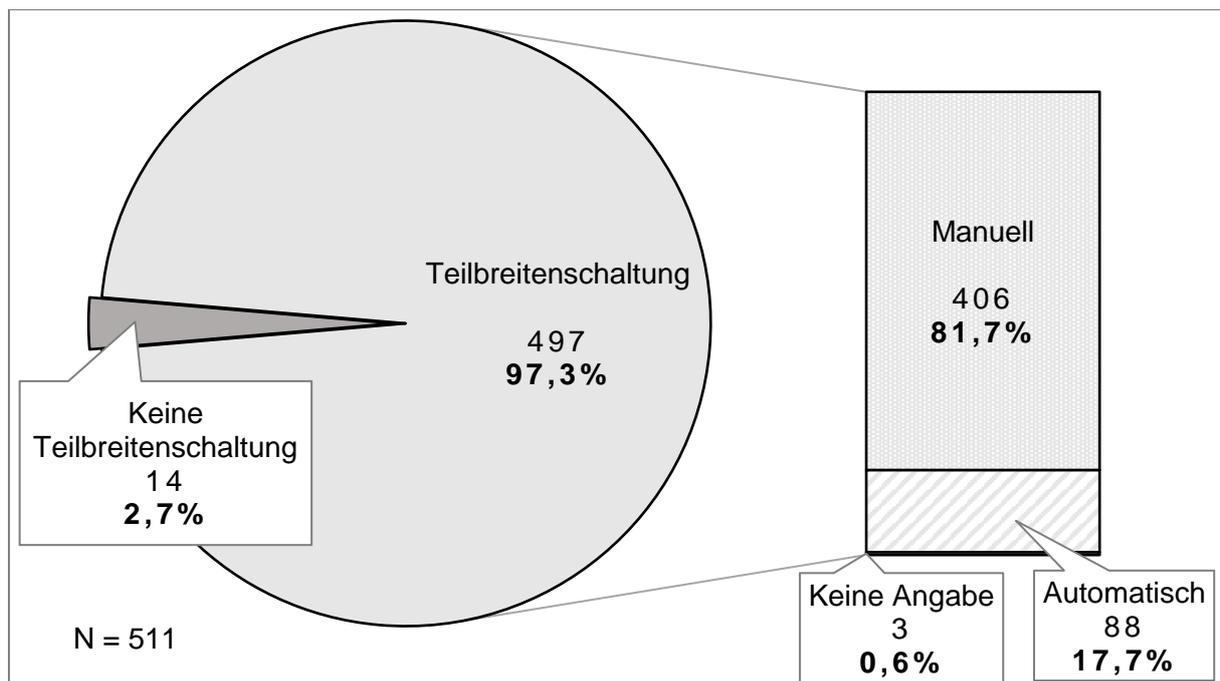


Abbildung 36: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung und -art der Pflanzenschutzspritze für gesamt Österreich.

Von den 497 Betriebe, die angegeben haben, die Option zu besitzen, Teilbreitenschaltung bei der Pflanzenschutzspritze einzusetzen, haben 494 die

daraufliegende Frage „Wie werden die Teilbreiten zu- bzw. abgeschaltet?“ beantwortet. Nachdem der Chi²-Test eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,0003 ergab, wurden die p-Werte des Post-hoc Test mit einem nach Bonferoni korrigiertem Alpha von 0,005 verglichen. Dieser Vergleich zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied des Burgenlandes mit einem p-Wert von 0,00024 zum Rest von Österreich auf.

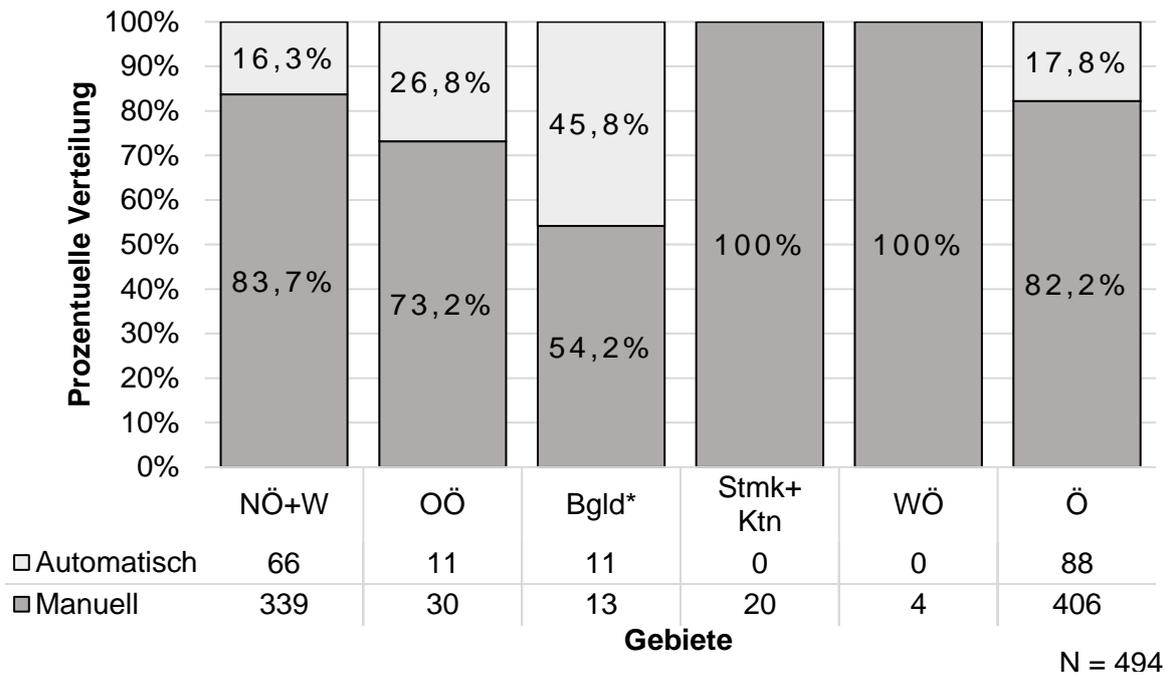


Abbildung 37: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenart der Pflanzenschutzspritze aufgeteilt in die Gebiete Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.

In der Abbildung 37 ist zu sehen, dass im Burgenland im Vergleich zum restlichen Österreich vermehrt GPS- und/oder sensorgesteuerte Teilbreiteschaltungen bei der Pflanzenschutzspritze verwendet werden. Es kann sein, dass dies im Zusammenhang mit der erhöhten Nutzung von RTK-Signal im Burgenland steht. Im Gegensatz dazu weist Niederösterreich und Wien mit einem p-Wert von 0,06006 und Steiermark und Kärnten mit einem p-Wert von 0,03354 eine Tendenz zu manueller Teilbreiteschaltung bei der Pflanzenschutzspritze auf. Aussagen zu Westösterreich sind auf Grund der zu geringen Zahl an Antworten, nicht möglich.

Es zeigt sich, dass mit über 97% bei der Pflanzenschutzspritze die Teilbreitenschaltung von fast allen Betrieben verwendet wird. Bei über 80% manueller Schaltung der Teilbreiten, was den Zahlen bei Geräten zur Aussaat und bei Mineraldüngerstreuern ähnelt, ist noch ein großes Verbesserungspotential vorhanden. Einerseits weil laut Luck et al. (2010) die Effektivität der manuelle Teilbreitenschaltung, aufgrund der Anzahl an Teilbreiten, der Erfahrung, der Geschwindigkeit, der Arbeitsbreite und der visuellen Abschätzung, stark schwanken kann. Andererseits zeigen Ergebnisse von Larson (2016) eine größere Spannweite an Einsparungen an Überlapp durch die Verwendung von automatisch geschalteten Teilbreiten von 0,16% bis 17,90% (Mittel 7,36%) bei einer Arbeitsbreite von 27,4 m und sieben Teilbreiten zu keiner Teilbreite.

Bei der Betrachtung von 125 Betrieben ergibt dies für die Aussaat einen Wert des Phi-Koeffizienten von 0,159. Bei der Betrachtung von 102 ergibt dies für den Mineraldüngerstreuer einen Wert des Phi-Koeffizienten von 0,236. Der Wert des Phi-Koeffizienten für die Pflanzenschutzspritze lag bei der Betrachtung von 192 Betrieben bei 0,185. Somit ergibt sich bei alle drei Anbaugeräte nach Cohen (1988) eine schwache Effektstärke. Bei allen drei Arbeitsgeräten korreliert somit die automatische Teilbreitenschaltung mit der RTK-Nutzung positiv. Dies ist schlüssig, da bei gewissen Anwendungen erst mit der Genauigkeit durch ein RTK-Signal eine automatische Teilbreitenschaltung effektiv eingesetzt werden kann.

5.1.8 Baujahr und PS der genutzten Traktoren

Bei den Fragen zu Baujahr und PS der Traktoren wurden alle vorgefilterten Antworten für die statistische Auswertung verwendet und keine neuen Filter verwendet. Die Hauptfrage lautet „Bitte geben Sie die Kennzahlen der drei am häufigsten verwendeten Traktoren Ihres Betriebes an.“. An die Hauptfrage wurden die jeweilige Unterfrage zu Baujahr und PS des häufigsten, zweithäufigsten und dritthäufigsten genutzten Traktors angehängt. Für beide Kategorien (Baujahr und PS) wurde für den am häufigsten, zweithäufigsten und dritthäufigsten verwendeten Traktor jeweils ein Kruskal-Wallis Test durchgeführt, um möglich Unterschiede zwischen den Bundesländer-Gruppen zu erkennen. Kam es dazu, dass die Nullhypothese abgelehnt wurde und es somit Unterschiede zwischen den Bundesländern gibt, wurde gleich anschließend ein paarweiser Vergleich der Bundesländer mit nach Bonferoni korrigierter Signifikanz

berechnet. Dieser soll die jeweiligen Bundesländer-Gruppen aufzeigen, bei denen es statistisch signifikante Unterschiede gibt.

Auf die Unterfrage „[am häufigsten genutzter Traktor][Baujahr]“ wurde 653 mal geantwortet. Von diesen Antworten kommen 522 aus Niederösterreich und Wien, 58 aus Oberösterreich, 36 aus dem Burgenland, 31 aus der Steiermark und Kärnten, 6 aus Westösterreich. Der Kruskal-Wallis Test ergibt eine asymptotische Signifikanz von 0,167 und somit die Beibehaltung der Nullhypothese, die besagt, dass es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländer-Gruppen gibt.

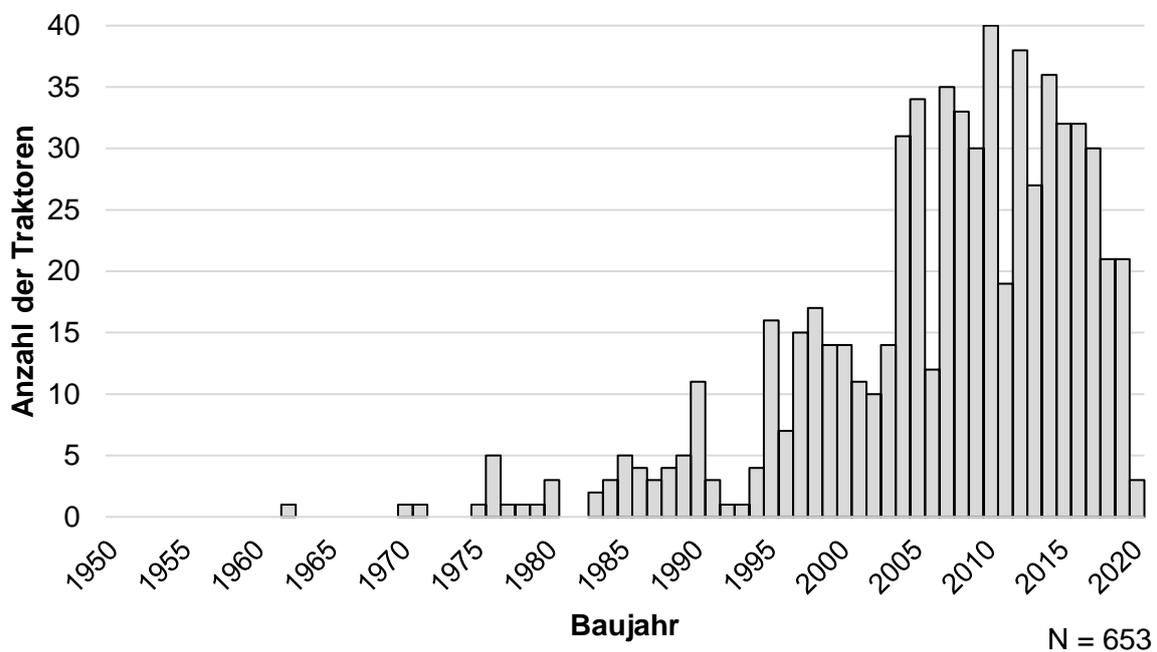


Abbildung 38: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am häufigsten genutzten Traktoren gelistet nach Baujahr.

In der oben angeführten Abbildung 38 ist zu erkennen, dass der Großteil der am häufigsten genutzten Traktoren ab den späten neunziger Jahren bis jetzt gebaut und zugelassen wurde. Vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020 sind 523 der 653 im Fragebogen angegebenen Traktoren gebaut und zugelassen worden.

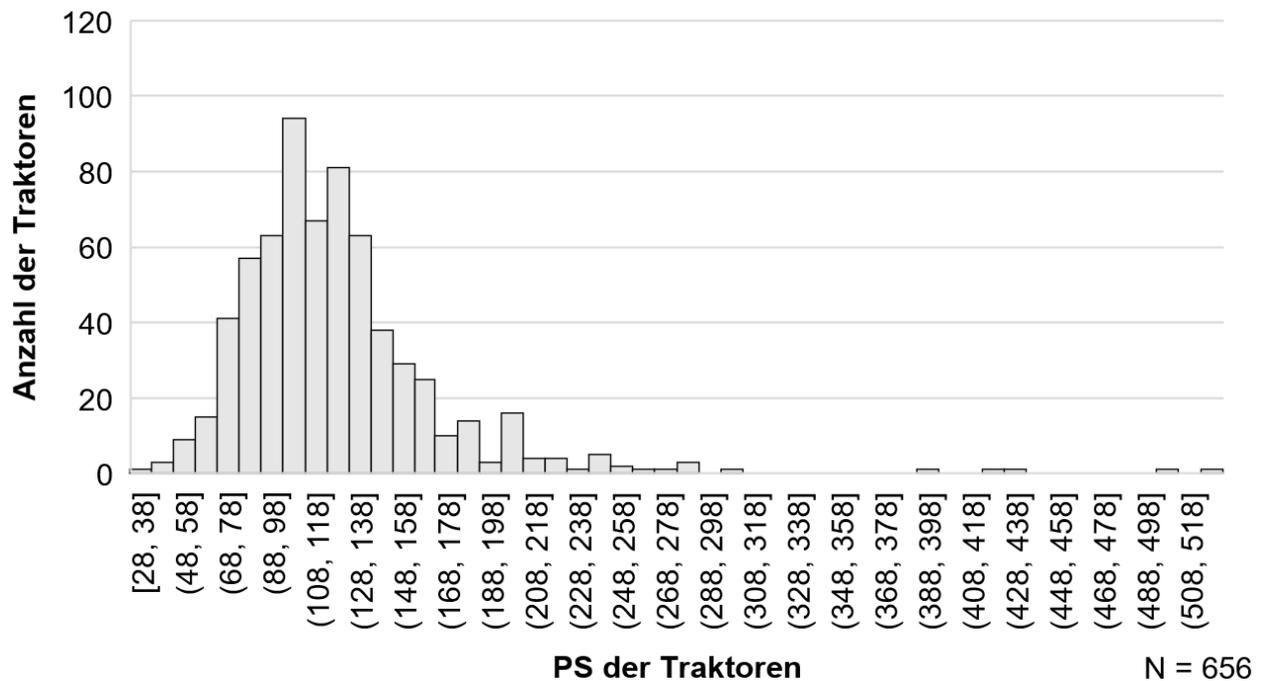


Abbildung 39: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am häufigsten genutzten Traktoren gelistet nach PS-Klassen.

Die Unterfrage „[am häufigsten genutzter Traktor][PS]“ haben 656 Betriebe beantwortet. 525 Antworten kamen aus Niederösterreich und Wien, 58 aus Oberösterreich, 36 aus dem Burgenland, 31 aus der Steiermark und Kärnten, 6 aus Westösterreich. Mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,059 wird die Nullhypothese beibehalten und keine Unterschiede zwischen den Bundesländer Gruppen angenommen. Jedoch ist dieser Wert nahe am Signifikanzniveau von 0,05. In Abbildung 39 kann man erkennen, dass der Großteil, der am häufigsten genutzten Traktoren eine PS Zahl von 70 bis 180 aufweist und mit 369 über die Hälfte der Traktoren in einem Bereich von 100 bis 150 PS liegt.

Zur Unterfrage „[am zweithäufigsten genutzter Traktor][Baujahr]“ gaben 642 Betriebe eine Antwort. 518 Antworten kamen aus Niederösterreich und Wien, 57 aus Oberösterreich, 33 aus dem Burgenland, 28 aus der Steiermark und Kärnten, 6 aus Westösterreich.

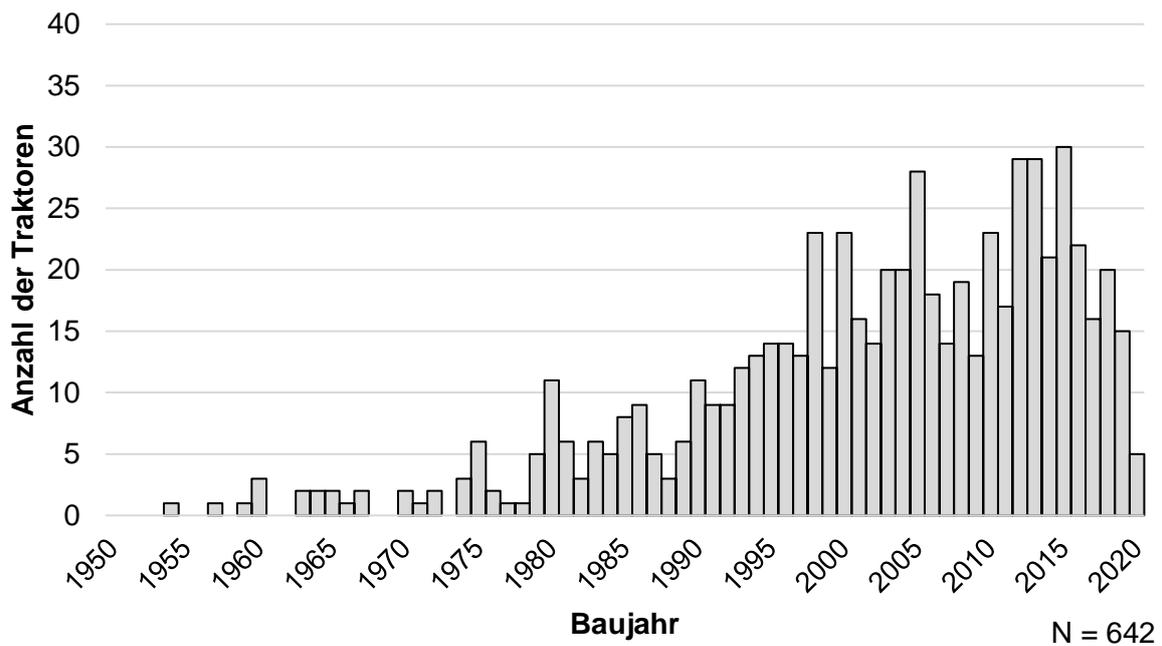


Abbildung 40: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am zweithäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach Baujahr.

Der Kruskal-Wallis Test ergibt eine asymptotische Signifikanz von 0,287 wodurch angenommen wird, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländer-Gruppen gibt. Im Vergleich zur Abbildung 38 (S.57) ist in der Abbildung 40 zu sehen, dass die Baujahre der Traktoren viel mehr variieren und auch mehr ältere Traktoren eingesetzt werden. Es wurden 412 der 642 am zweithäufigsten genutzte Traktoren vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020 gebaut und zugelassen. Dies sind etwas weniger als zwei Drittel der Traktoren.

Bei der Unterfrage „[am zweithäufigsten genutzter Traktor][PS]“ haben 641 Betriebe eine Antwort abgegeben. 521 Antworten kamen aus Niederösterreich und Wien, 56 aus Oberösterreich, 33 aus dem Burgenland, 25 aus der Steiermark und Kärnten, 6 aus Westösterreich. Der Kruskal-Wallis Test ergibt eine asymptotische Signifikanz von 0,024 was zum Verwerfen der Nullhypothese führt. Der paarweise Vergleich ergibt bei einem Signifikanzniveau von 0,05 eine nach Bonferoni korrigierten asymptotischen Signifikanz von 0,055 zwischen dem Burgenland und der Bundesländer-Gruppe Steiermark und Kärnten, und von 0,086 zwischen Oberösterreich und dem Burgenland. Im Burgenland kann man Tendenzen zu höheren PS-Zahlen im Vergleich

zu Oberösterreich, Steiermark und Kärnten erkennen. Diese Tendenzen betreffen Westösterreich nicht, da hier vermutlich der Rücklauf an Fragebögen zu gering war. Bei Niederösterreich und Wien unterscheidet sich der Median und die Box sichtlich von der des Burgenlandes, jedoch sind die oberen Enden der Whisker in einem ähnlichen Bereich.

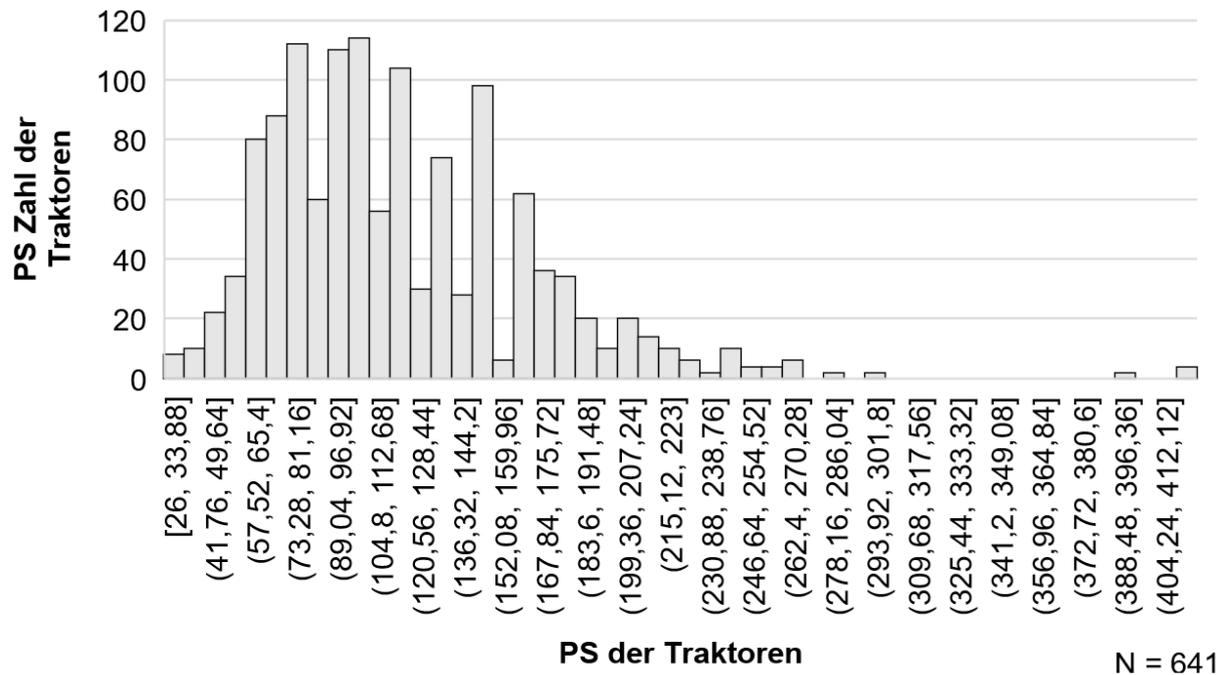


Abbildung 41: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am zweithäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach PS-Klassen.

Auf die Unterfrage „[am dritthäufigsten genutzter Traktor][Baujahr]“ gaben 513 Betriebe eine Antwort. 431 Antworten kamen aus Niederösterreich und Wien, 42 aus Oberösterreich, 26 aus dem Burgenland, 11 aus der Steiermark und Kärnten, 3 aus Westösterreich. Der Kruskal-Wallis Test führt mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,676 zum Beibehalten der Nullhypothese und es zeigt sich somit kein signifikanter Unterschied im Alter der Traktoren zwischen den Bundesländergruppen.

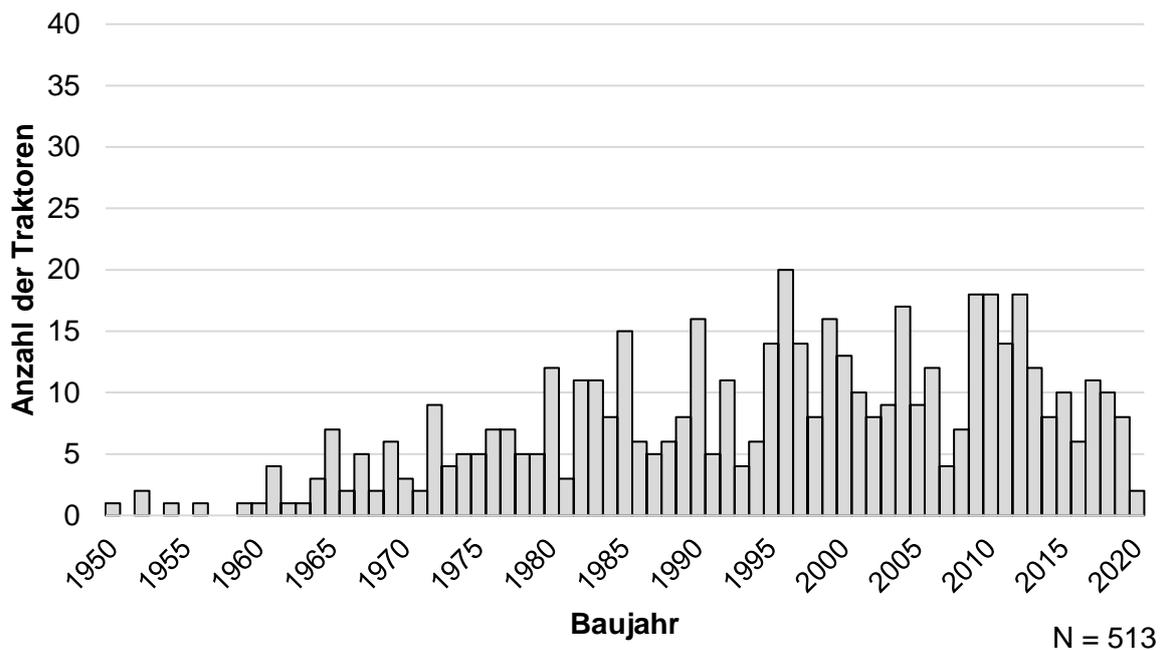


Abbildung 42: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am dritthäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach Baujahr.

In der angeführten Abbildung 42 ist zu sehen, dass die Anzahl der am dritthäufigsten genutzten Traktoren im Vergleich zu den am häufigsten und am zweithäufigsten genutzten Traktoren, geringer ist. Auch die Baujahre der Traktoren sind heterogener, was mit der geringeren Auslastung und mit den geringeren Anforderungen an die am dritthäufigsten genutzten Traktoren zusammenhängen dürfte. Nur 224 der 513 Traktoren, und somit weniger als die Hälfte, wurden im Zeitraum vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020 gebaut und zugelassen.

Die Unterfrage „[am dritthäufigsten genutzter Traktor][PS]“ wurden von 511 Betrieben beantwortet. 428 Antworten kamen aus Niederösterreich und Wien, 42 aus Oberösterreich, 27 aus dem Burgenland, 11 aus der Steiermark und Kärnten, 3 aus Westösterreich. Der durchgeführte Kruskal-Wallis Test ergab eine asymptotische Signifikanz von 0,889 und führte zur Beibehaltung der Nullhypothese: keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländer-Gruppen.

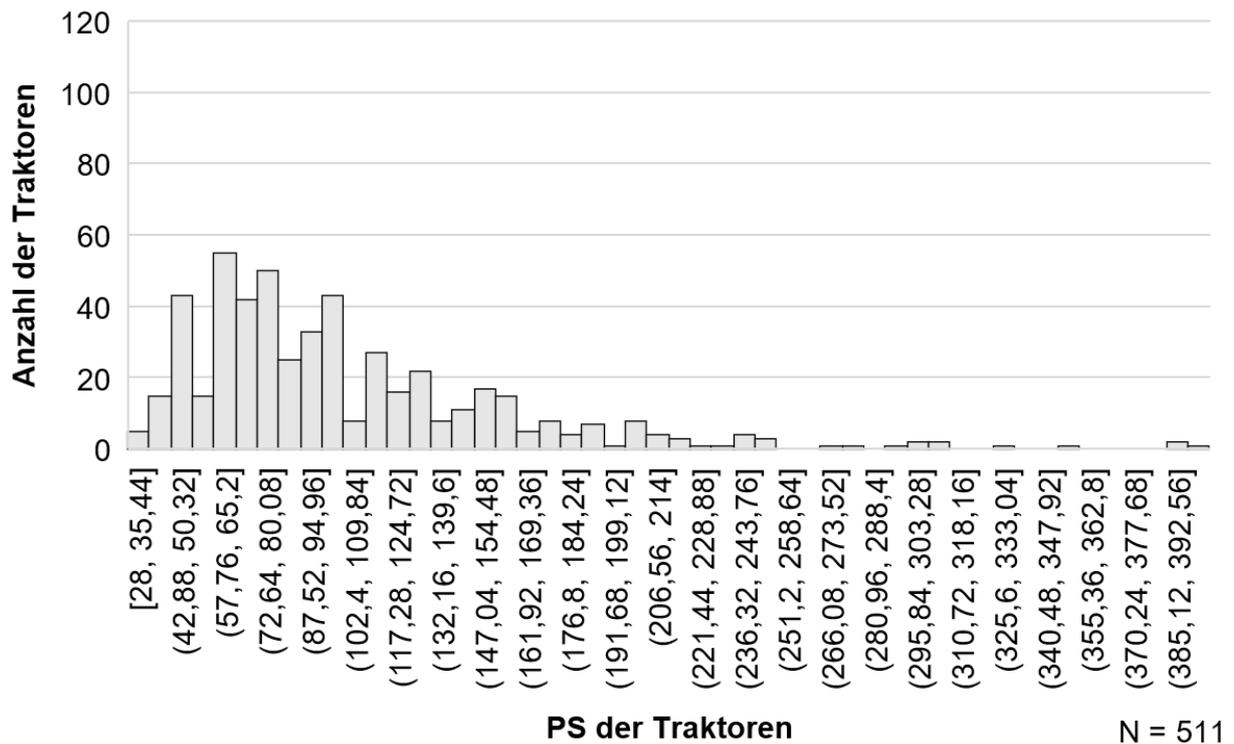


Abbildung 43: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der am im jeweiligen Betrieb dritthäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach PS-Klassen.

In Abbildung 43 ist zu erkennen, dass der Großteil der am dritthäufigsten genutzten Traktoren eine Leistung unter 100 PS aufweisen (295 der 511 Traktoren). Zu erkennen ist auch, dass es doch einige Traktoren mit hoher PS-Zahl gibt. Dies kann dadurch erklärt werden, dass solche PS starken Traktoren für schwere Feld- und Zugarbeiten eingesetzt werden und leichtere Arbeiten, die über das Jahr mehr Zeit beanspruchen können, auf Grund der Kosteneffizienz von Traktoren mit geringerer PS-Zahl durchgeführt werden.

5.2 Ergebnisse der statistischen Auswertung der räumlichen Indizes

Von den 781.462 erhobenen und betrachteten Feldstücken befinden sich 390.377 in Niederösterreich, 1.698 in Wien, 124.951 in Oberösterreich, 109.254 im Burgenland, 30.785 in Kärnten, 110494 in der Steiermark, 2786 in Salzburg, 8328 in Tirol und 2789 in Vorarlberg.

Tabelle 4: Mittelwerte, Signifikanzniveau des Kruskal-Wallis-Tests und Unterschiede des paarweisen Vergleichs der räumlichen Indizes in Form von hochgestellten Kleinbuchstaben für die Bundesländer-Gruppen und ganz Österreich (Datenquelle: Ebener & Gruber, 2010).

	Mittelwerte				
	Fläche [m ²]	Breite mbG [m]	SI	kH [%]	mbG [%]
NÖ	17 290 ^a	68,1 ^a	1,698 ^a	10,09 ^a	31,57 ^a
W	22 281 ^b	69,7 ^b	1,915 ^b	9,20 ^a	28,64 ^b
OÖ	23 159 ^c	111,4 ^c	1,385 ^c	11,60 ^b	42,39 ^c
Bgld	14 389 ^d	52,0 ^d	1,969 ^b	6,59 ^c	21,78 ^d
Stmk	11 467 ^e	69,8 ^e	1,463 ^d	9,19 ^d	34,57 ^e
Ktn	19 305 ^b	100,5 ^f	1,368 ^e	10,64 ^e	37,86 ^f
Sbg	17 386 ^b	93,2 ^g	1,372 ^{c,e}	8,84 ^d	33,61 ^e
T	8 354 ^f	54,3 ^h	1,450 ^d	6,15 ^f	24,18 ^b
Vbg	9 140 ^g	59,7 ^b	1,460 ^d	5,43 ^f	22,44 ^g
Ö	16 966	74,2	1,635	9,67	32,49
Sig.	***	***	***	***	***

Signifikanz des Kruskal-Wallis Tests:

N = 781462

p <= 0,05 = *; p <= 0,01 = **; p <= 0,001 = ***

In Tabelle 4 sind die Mittelwerte und Signifikanzen für die Fläche, die Breite mbG und für die drei, für die Clusteranalyse verwendeten räumlichen Indizes SI, kH und mbG, angeführt. Zwischen den Mittelwerten der Flächen der Feldstücke fast aller Bundesländer sind signifikante Unterschiede zu erkennen. Ausnahmen sind Wien, Kärnten und Salzburg, die unter sich keine signifikanten Flächenunterschiede aufweisen. Für die Breite mbG ergab der Post-hoc-Test signifikante Unterschiede

zwischen allen Bundesländern, ausgenommen zwischen Wien und Vorarlberg. Die drei für die Clusteranalyse verwendeten räumlichen Indizes, SI, kH und mbG werden die Ergebnisse im Folgenden genauer beschrieben.

5.2.1 Shape Index (SI)

Für den Shape Index wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, welcher eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000 ergab. Der darauffolgende paarweise Vergleich ergab statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen Bundesländern außer zwischen Wien und dem Burgenland, zwischen Oberösterreich und Salzburg, zwischen Kärnten und Salzburg und zwischen der Steiermark, Tirol und Vorarlberg. In Abbildung 44 werden die Unterschiede des Shape Indexes, welcher in der Abbildung unten mit dem 90%-Perzentil nach oben begrenzt wird, dargestellt. Das 90%-Perzentil des Shape Indexes befindet sich bei 2,34757 und die mit diesem Perzentil begrenzte Gruppe enthält 703.316 Feldstücke.

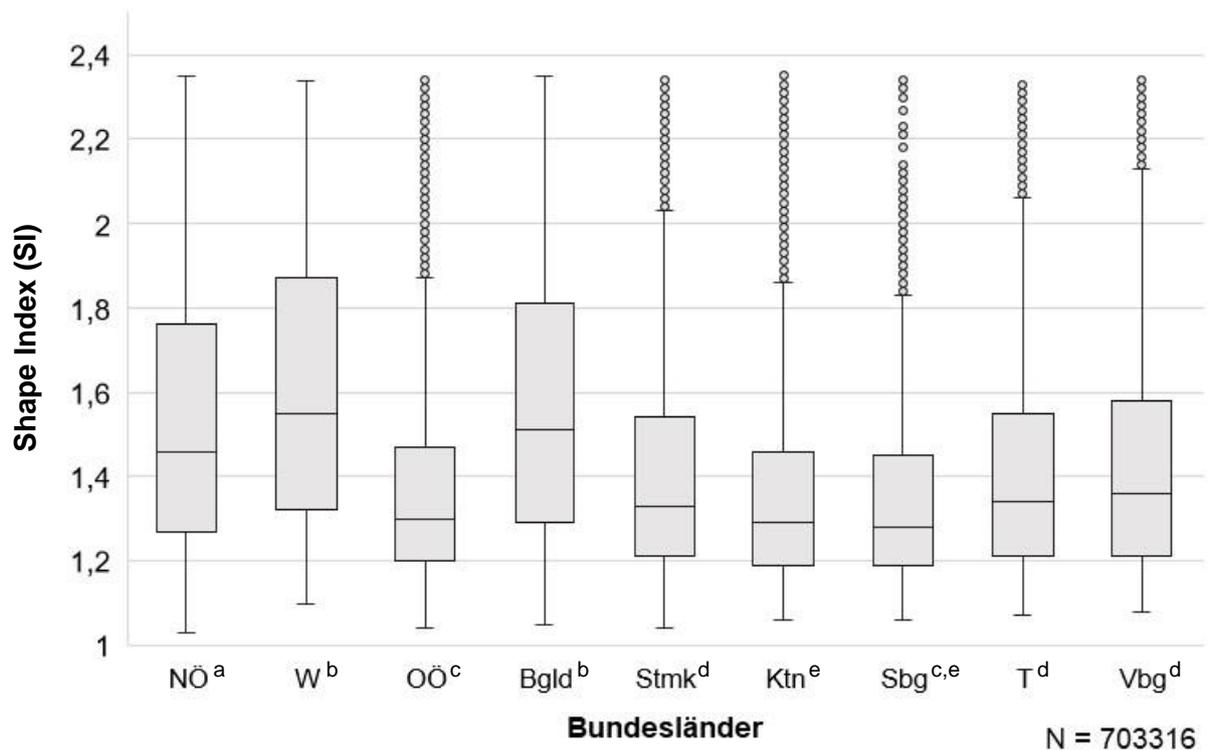


Abbildung 44: Shape Index (SI) für Ackerflächen bezogen auf Bundesländer begrenzt mit dem 90%-Perzentil (Datenquelle: Ebner&Gruber, 2020).

5.2.2 Konvexe Hülle (kH)

Für die konvexe Hülle wurde ebenfalls ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, der eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000 ergab. Der paarweise Vergleich ergab statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen Bundesländern auser zwischen Niederösterreich und Wien, Kärnten und Salzburg und zwischen Tirol und Vorarlberg. In der unten angeführten Abbildung 45 wird die konvexe Hülle von 703.340 Felstücken, mit dem 90%-Perzentil von 26,4100 % nach oben begrenzt, auf Bundesländer bezogen dargestellt.

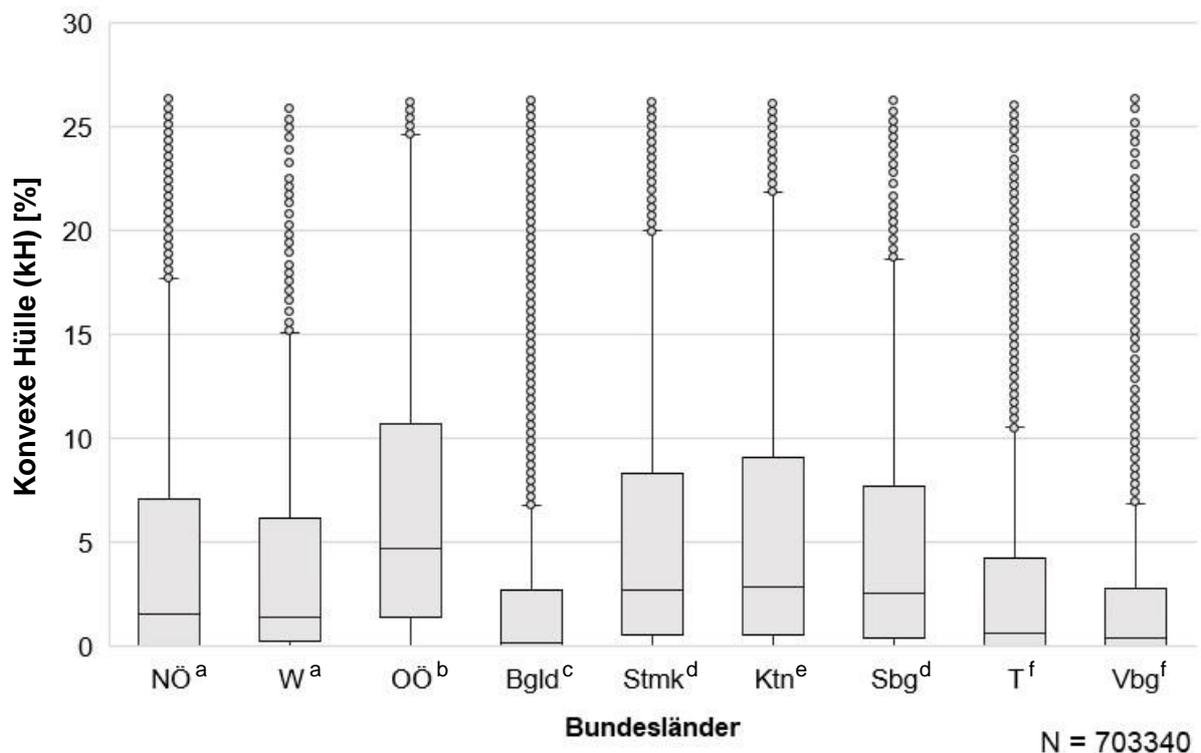


Abbildung 45: Konvexe Hülle (kH) für Ackerflächen bezogen auf Bundesländer begrenzt mit dem 90%-Perzentil (Datenquelle: Ebner&Gruber, 2020).

5.2.3 Minimal begrenzende Geometrie (mbG)

Wie für den Shape Index und für die konvexe Hülle zuvor, wurde auch für die minimal begrenzende Geometrie ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, der eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000 ergab. Die mit dem paarweisen Vergleich erkannten statistisch signifikanten Unterschiede bestehen zwischen allen Bundesländern außer zwischen Wien und Tirol und zwischen Steiermark und Salzburg. In Abbildung 46 wird die minimal begrenzende Geometrie Bundesland bezogen dargestellt und die dafür

verwendeten Daten wurden mit dem 90%-Perzentil, welches einen Wert von 73,1800% aufweist, nach oben begrenzt. Durch die Begrenzung wurden 703.318 Feldstücke betrachtet.

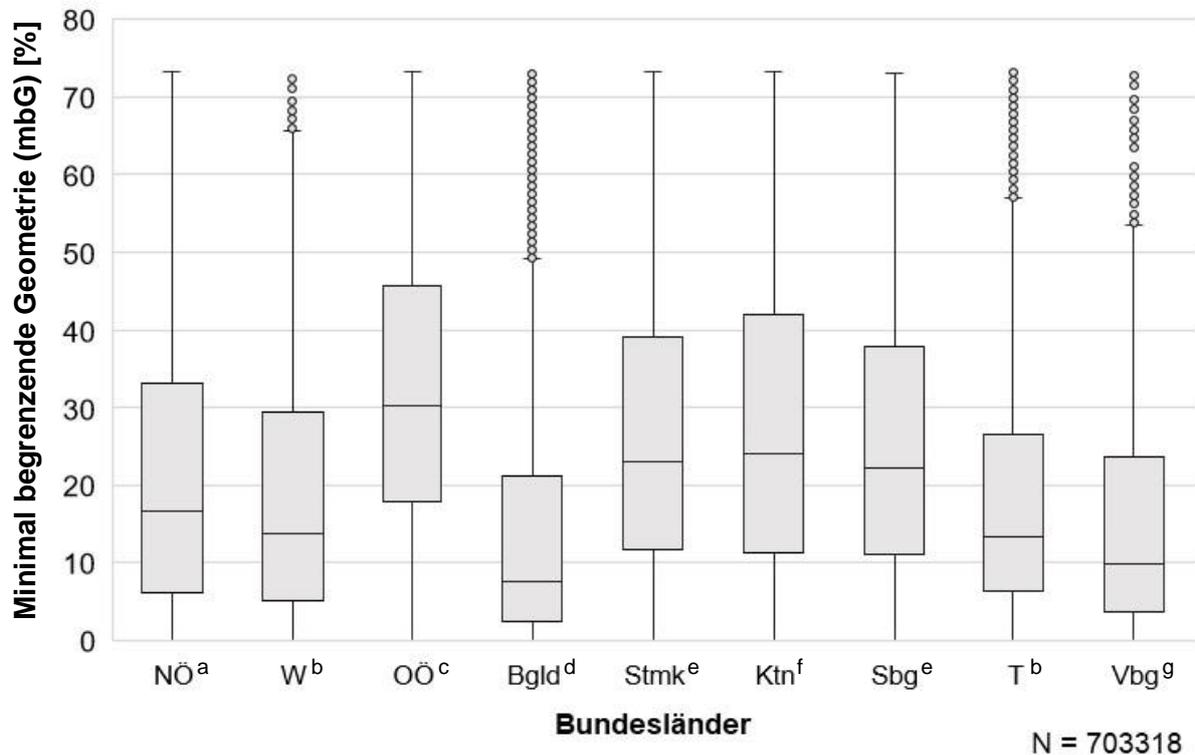


Abbildung 46: Minimal begrenzenden Geometrie (mbG) für Ackerflächen bezogen auf Bundesländer begrenzt mit dem 90%-Perzentil (Datenquelle: Ebner&Gruber, 2020).

5.2.4 Ergebnisse der Clusteranalyse

Die Clusteranalyse erfolgt auf Basis der Feldform. Die Clusteranalyse, welche unter 4.3.2 genauer beschrieben ist, ergab 4 Cluster und eine fünfte Gruppe von Feldstücken, die in keinen der 4 Cluster hineinfallen. Die für die Clusteranalyse herangezogenen Indizes sind der SI, die kH und die mbG, jeweils nach oben mit dem 90%-Perzentil begrenzt, auf welche unter 4.2.2 genauer eingegangen wird. Zum Cluster 1 werden 184.634 Feldstücke gezählt, beim Cluster 2 sind es 157.174 Feldstücke, beim Cluster 3 sind es 127.231 Feldstücke, beim Cluster 4 sind es 156.771 Feldstücke und beim Cluster 5, bestehend aus den in der Clusteranalyse nicht zugeteilten Feldstücken, sind es 155.652 Feldstücke.

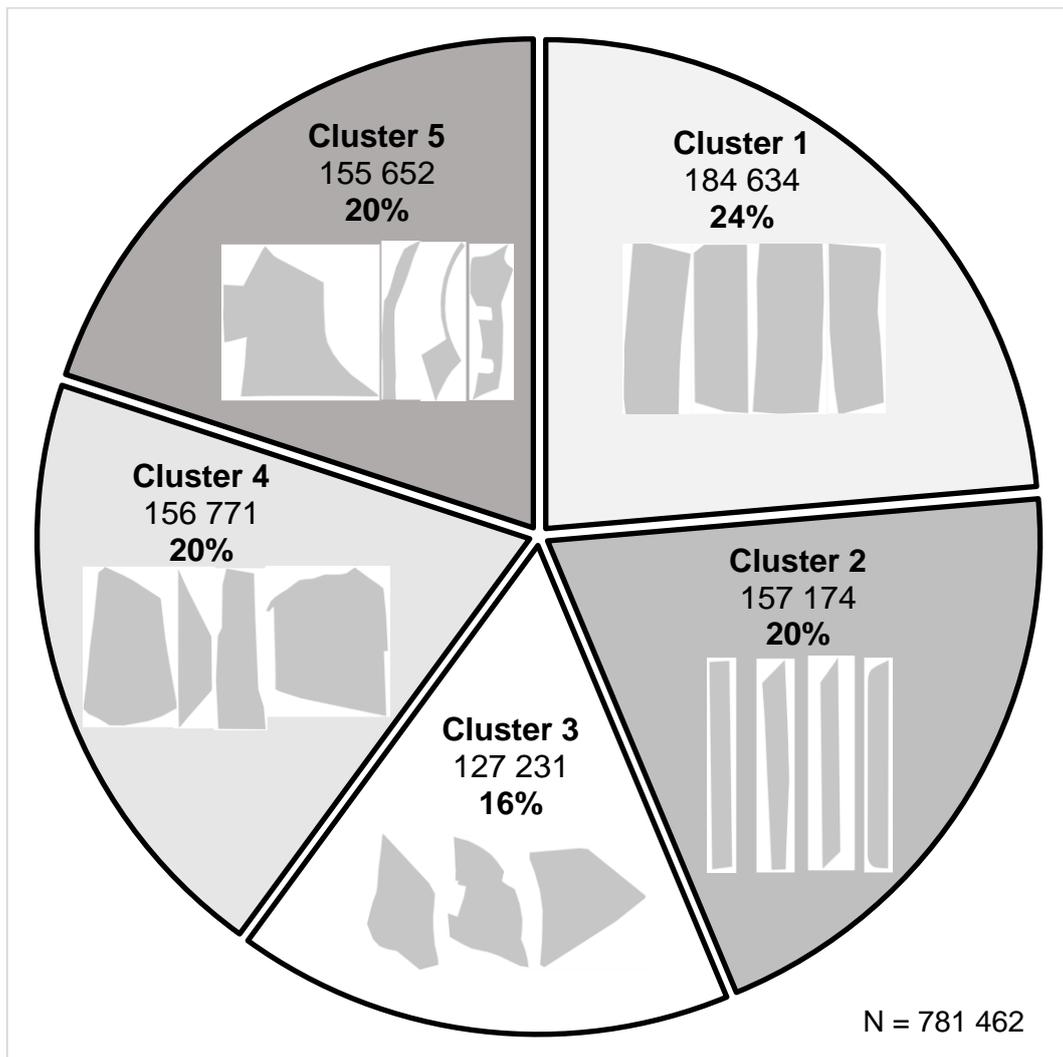


Abbildung 47: Verteilung der österreichischen Ackerflächen auf die fünf Cluster mit der Anzahl an Felder, den prozentuellen Anteil am Gesamtdatensatz und exemplarischen Feldformen.

Der Cluster 1 umfasst eher rechteckige Feldstücke, Cluster 2 umfasst Feldstücke, die eine eher schmale und lang gezogene Form haben. Im Cluster 3 sind Feldstücke mit vieleckiger, eher kreisfüllender Form zusammengefasst, welche jedoch auf Basis des kH konkave Aussparungen beinhalten. Die Feldstücke im Cluster 4 weisen vor allem mehreckige, konvexe Formen auf und im Cluster 5 sind all jene Feldstücke zusammengeführt, welche aufgrund des 90% Perzentiles von der Clusteranalyse ausgeschlossen wurden. Die Feldformen sind daher auch sehr unterschiedlich und uneinheitlich (siehe Abbildung 47).

Um zu untersuchen, wie sich die Cluster auf die Bundesländer verteilen wurde ein Chi²-Test durchgeführt, welcher eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000 ergab. Der darauffolgende Post-hoc Test mit nach Bonferoni korrigierte Alpha ergab statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen Bundesländern in Bezug auf den jeweiligen Cluster Anteil (siehe Abbildung 48).

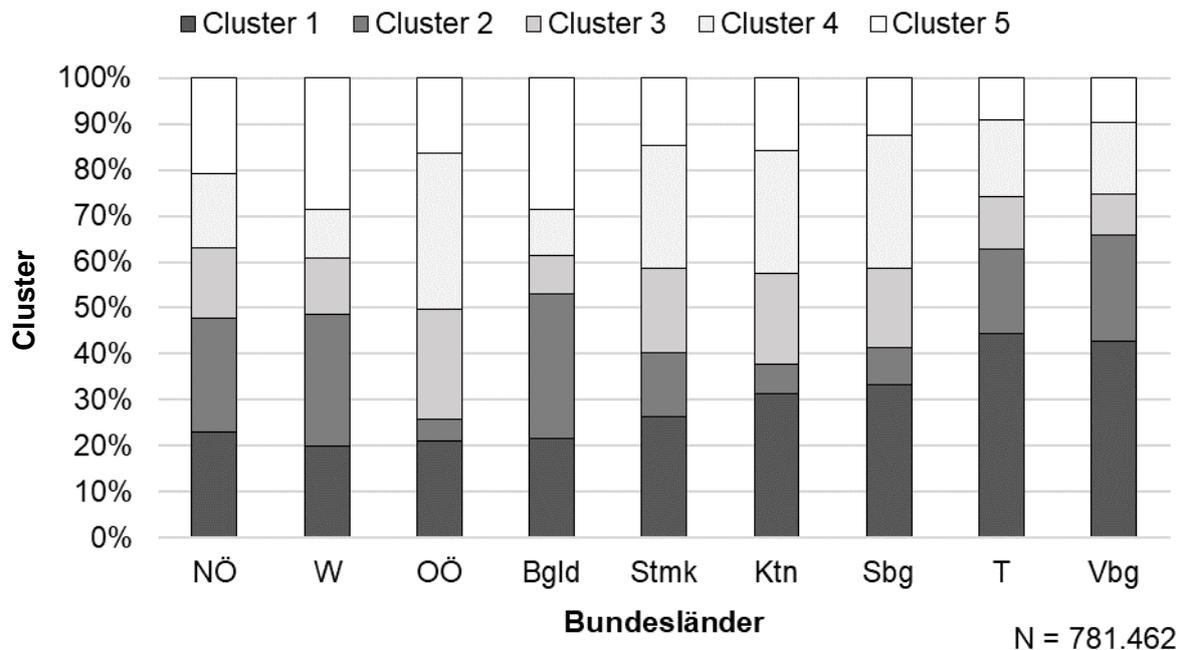


Abbildung 48: Anteil der Cluster aus der Clustergruppe im jeweiligen Bundesland.

Um weitere Erkenntnisse über die Clustergruppen zu erlangen wurden für die räumlichen Indizes SI, kH und mbG, welche mit dem jeweiligen 90%-Perzentil nach oben begrenzt wurden, jeweils ein Kruskal-Wallis-Test mit darauffolgendem paarweisem Vergleich durchgeführt.

Für den SI mit 90%-Perzentil als obere Grenze ergab der Kruskal-Wallis-Test eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000 und der darauffolgende paarweise Vergleich ergab zwischen allen Clustergruppen statistisch signifikante Unterschiede.

In Abbildung 49 ist zu sehen, dass die Feldstücke aus Cluster 1 und Cluster 4 mit fast allen Werten zwischen 1 und 1,6 im Vergleich zu den drei restlichen Clustern kleine SI-Werte aufweisen. Diese beiden Cluster weisen eine eher rundliche, kompakte Form auf, wie in Abbildung 47 (S.67) zu sehen ist. 75% der SI-Werte der Feldstücke aus Cluster 2 haben einen Wert von über 1,6, was sich durch die lang gezogenen

Feldformen ergibt. Die SI-Werte vom Großteil der Feldstücke aus Cluster 3 liegen über den Werten aus Cluster 1 und Cluster 4 und unter den Werten aus Cluster 2. Die SI-Werte aus Cluster 5 streuen stark aufgrund ihrer inhomogenen Zusammensetzung.

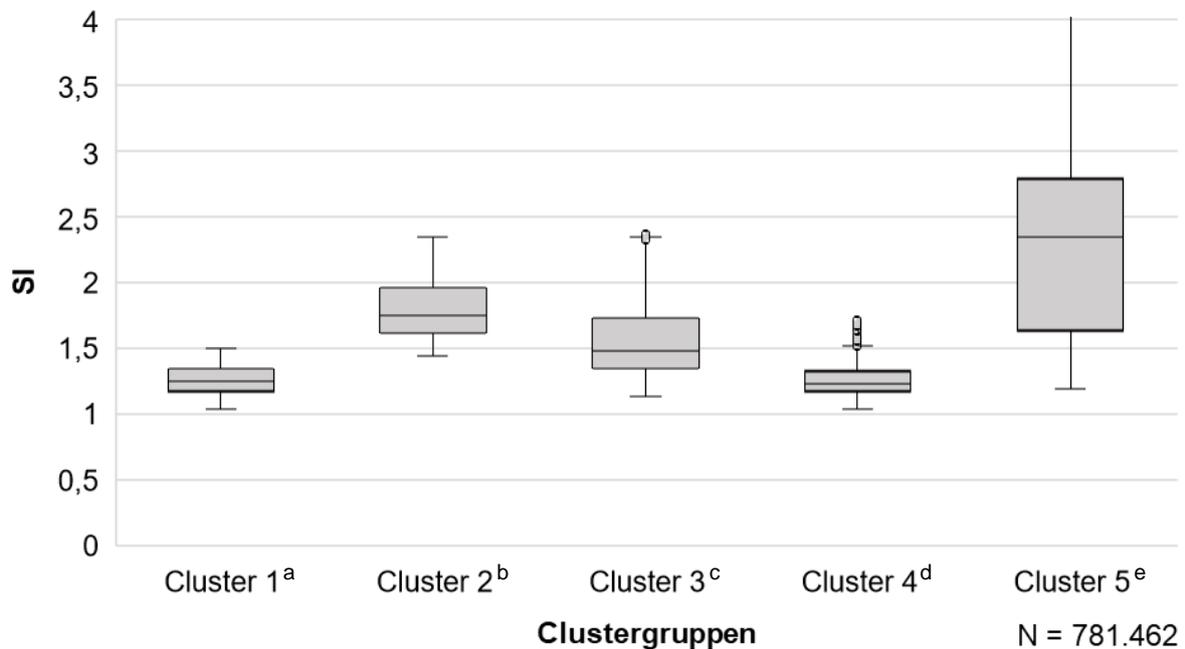


Abbildung 49: Verteilung der SI-Werte in den fünf Clustern. Aufgrund der hohen Streuung in Cluster 5 wurde die y-Achse für eine bessere Lesbarkeit des Diagramms mit 4 begrenzt.

Auch für die kH-Werte, welche mit dem 90%-Perzentil oben begrenzt wurden, ergab der Kruskal-Wallis-Test Test eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,000 und der darauffolgende paarweise Vergleich starke statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen Clustern.

In Abbildung 50 ist zu sehen, dass mindestens 75% der Feldstücke aus Cluster 1 und Cluster 2 einen kH-Werte unter einem Wert von 3% aufweisen wohingegen die Feldstücke aus Cluster 4 leicht größere kH-Werte haben. Dies ergibt sich durch die eher konische Form der Feldstücke aus Cluster 1 und Cluster 2 und der nicht mehr ganz so konischen Feldformen aus Cluster 4. Über die Hälfte der kH-Werte der Feldstücke aus Cluster 3 haben einen Wert zwischen 10% und 20% und unterscheiden sich somit stark von den Clustern 1, 2 und 4. Dies ergibt sich aufgrund der vieleckigen, teils konkaven Feldformen aus Cluster 3. Die kH-Werte im Cluster 5 sind weit gestreut, was auf die inhomogene Zusammensetzung des Clusters zurückzuführen ist (siehe Abbildung 47, S.67).

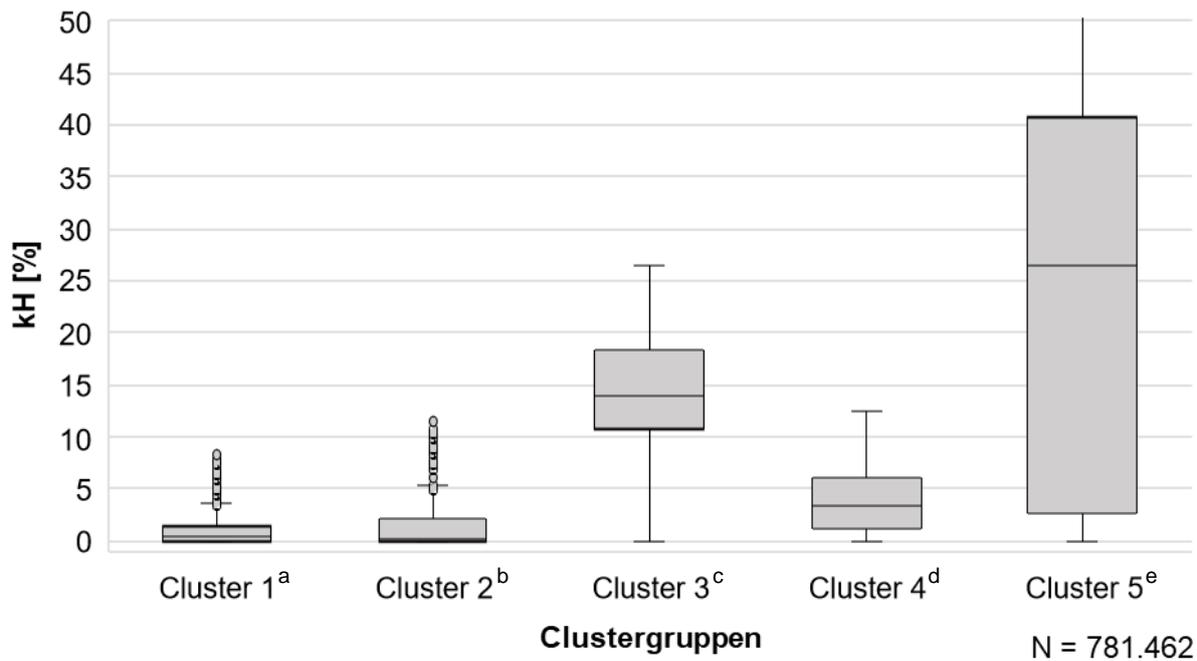


Abbildung 50: Verteilung der kH-Werte in den fünf Clustern. Aufgrund der hohen Streuung in Cluster 5 wurde die y-Achse für eine bessere Lesbarkeit des Diagramms mit 50 begrenzt.

Wie auch für die oben genannten Werte von SI und kH, ergab der Kruskal-Wallis-Test und der darauffolgende Paarweise Vergleich für die mit dem 90%-Perzentil nach oben begrenzten mbG-Werte, statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen Clustern.

In Abbildung 51 ist zu erkennen, dass Feldstücke aus Cluster 1 und Cluster 2 vergleichsweise kleine mbG-Werte aufweisen. Dies ist aufgrund der rechteckigen Formen der Feldstücke aus den beiden Clustern der Fall. Feldstücke aus Cluster 4 hingegen weisen mit einem Median über 30% signifikant größere, da die Felder in ihrer Form mehr von einem Rechteck abweichen. Feldstücke aus Cluster 3 sind vieleckig geformt und somit ergibt sich ein Median über 40% und, im Vergleich zu den restlichen Clustern, die höchsten mbG-Werte. Beim Cluster 5 ist eine breite Streuung der mbG-Werte der Feldstücke, mit einem Median unter 20%, gegeben. Das weist wiederum auf die inhomogene Zusammensetzung des Clusters hin (siehe Abbildung 47, S.67).

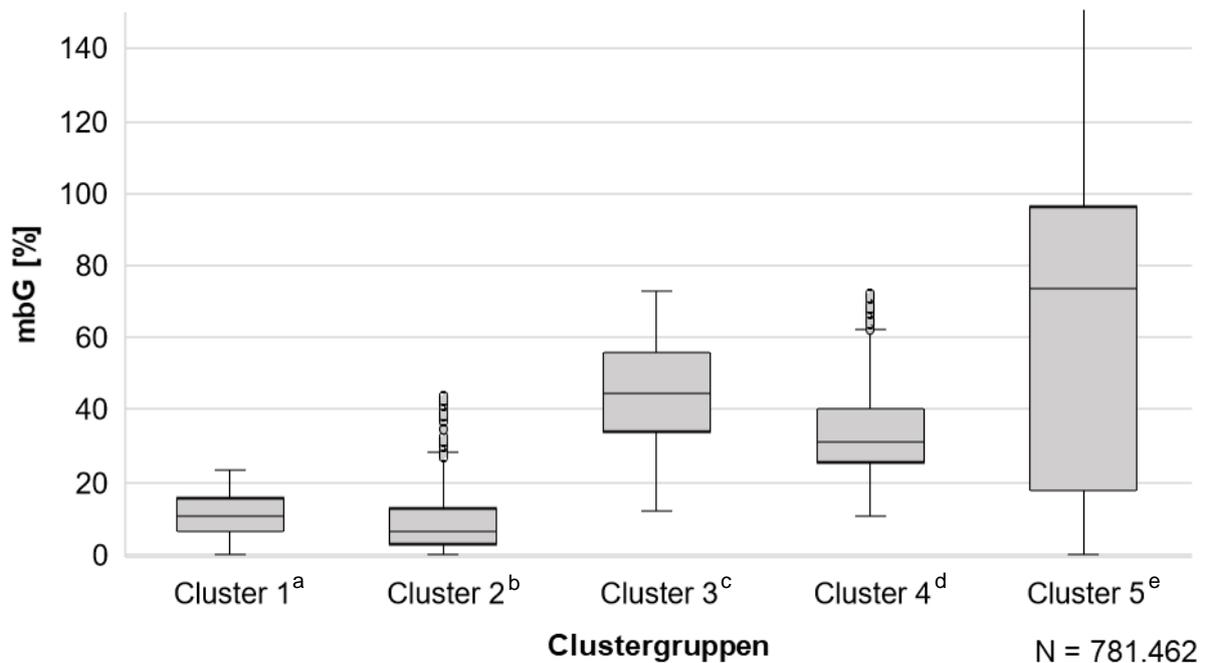


Abbildung 51: Verteilung der mbG-Werte der fünf Cluster. Aufgrund der hohen Streuung in Cluster 5 wurde die y-Achse für eine bessere Lesbarkeit des Diagramms mit 150 begrenzt.

5.3 Ergebnisse der Auswertung Feldbefahrungsdaten

Von den unter 4.2.3 beschriebenen Feldbefahrungsdaten wurden die Spurlängen, die Wendungen und der Unterlapp betrachtet. Die weiteren Parameter Auftreffwinkel, Brutto-Fläche und Netto-Fläche wurden nicht weiter betrachtet, da die Verteilung der Werte und deren Berechnung nicht nachvollziehbar und interpretierbar war.

5.3.1 Spurlänge

Für die normalisierten Werte der Differenzen der Spurlänge von Anbaugeräten mit 3 m und 5 m Arbeitsbreite, mit und ohne RTK-Genauigkeit, wie unter 4.3.3 beschrieben, wurde je Arbeitsbreite und Parameter ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Alle vier Kruskal-Wallis-Tests ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Clustern. Wie in Abbildung 52 zu sehen ist, liegen die Mediane aller Cluster nahe 5%. Für die 3 m Arbeitsbreite ergibt sich ein österreichweiter Mittelwert von 5,2% und für 5 m Arbeitsbreite ein Mittelwert von 4,8% auf Basis der geplanten 250 Felder.

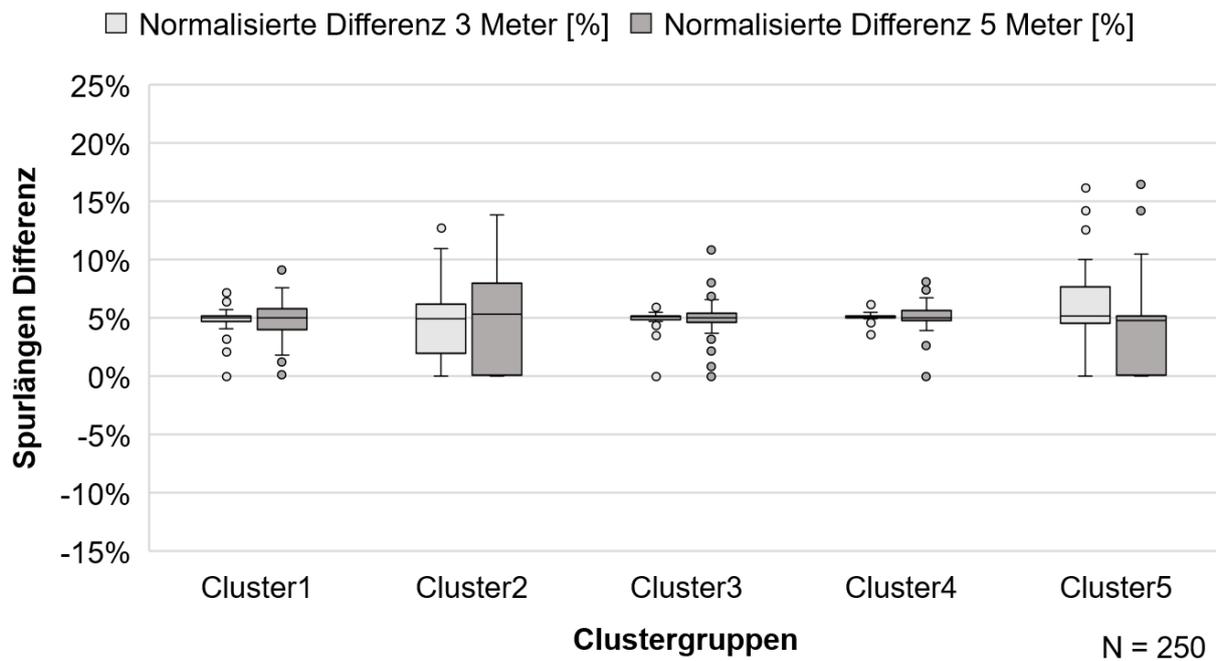


Abbildung 52: Normalisierter Wert der Differenz der Spurlänge zwischen RTK-Nutzung und manueller Steuerung bei 3 m und 5 m Arbeitsbreite der fünf Cluster.

Um signifikante Unterschiede zwischen den Einsparungen an Spurlängen bei Arbeitsbreiten von 3 m und 5 m erkennen zu können, wurde ein Wilcoxon-Test durchgeführt, welcher eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von 0,149 ergab. Dieser Wert liegt über einem Alpha von 0,05 und zeigt somit keine signifikanten Unterschiede in der Einsparung an Spurlänge zwischen den Arbeitsbreiten.

Diese Ergebnisse decken sich einerseits mit Kelc et al.(2019) ,da auch in dieser Untersuchung keine signifikanten Unterschiede, zwischen 3 und 6 m Arbeitsbreite gefunden wurden. Auch die Arbeiten von Fassler (2018) und Landerl (2009) zeigen ähnliche Ergebnisse. Andererseits ist es überraschend, dass es zwischen den Clustern und zwischen den Arbeitsbreiten auch keine signifikanten Unterschiede gibt, da die Feldform und die Arbeitsbreite laut Holpp et al.(2013) einen wesentlich größeren Einfluss auf die Einsparung als die Genauigkeit der Befahrung haben.

Weiters wurde der Zusammenhang von Feldbreite und Spurlängeneinsparung untersucht. Für die Betrachtung der Feldbreite wurde der Breitenbereich der mbG herangezogen. Dieser wurde in 5 Gruppen mit gleichen Perzentil-Abstand eingeteilt und die Feldbreiten auf ganzzahlige Ergebnisse aufgerundet und darauffolgen auf

statistische Unterschiede in der Spurlängeneinsparung mittels Kruskal-Wallis-Test geprüft. Die Einteilung wurde auf Basis des Gesamtdatensatzes durchgeführt. Das 20-Perzentil liegt im Gesamtdatensatz aufgerundet bei 28 m, das 40-Perzentil liegt bei 45 m, das 60-Perzentil liegt bei 69 m und das 80-Perzentil liegt bei 110 m. Der Kruskal-Wallis-Test ergab mit einer Signifikanz von 0,401 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Perzentil-Gruppen bezüglich der Spurlängeneinsparung bei der Planung mit 3 m Arbeitsbreite. Der Mittelwert der Spurlängeneinsparung liegt für die 3 m Arbeitsbreite bei 5,2%.

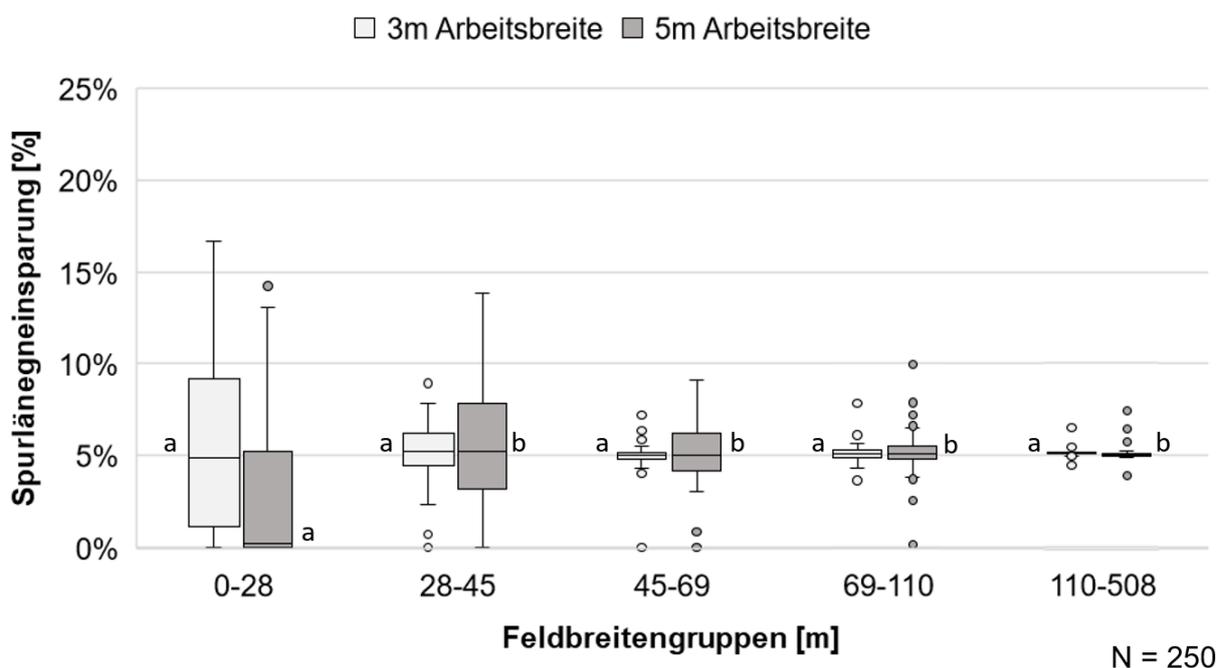


Abbildung 53: Verteilung der Spurlängeneinsparung in Abhängigkeit von der Feldbreite

Der Kruskal-Wallis-Test für die Planung mit 5 m Arbeitsbreite ergab jedoch eine Signifikanz von unter 0,000 und somit statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Perzentil-Gruppen. Der paarweise Vergleich zeigte, dass sich die Gruppe mit 0 bis 28 m Feldbreite, in Bezug auf Spurlängeneinsparung, signifikant von den restlichen Gruppen unterscheidet (siehe Abbildung 53). Zwischen den Gruppen mit einer Feldbreite über 28 m ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Der Mittelwert der Spurlängeneinsparung der Gruppe von 0 bis 28 m liegt bei 3,3% und der Mittelwert der Spurlängeneinsparung der restlichen Gruppen zusammen liegt bei

5,1%. Für beide Arbeitsbreiten ist klar ersichtlich, dass die Streuung mit der Feldbreite abnimmt. Bei 5 m Arbeitsbreite ist eine höhere Streuung als bei 3 m zu beobachten.

5.3.2 Anzahl der Wendungen

Auch für die normalisierten Werte der Differenzen der Wendungen mit Anbaugeräten von 3 m und 5 m Arbeitsbreite mit und ohne RTK-Genauigkeit wurden zwei Kruskal-Wallis-Tests durchgeführt. Von den beiden Tests ergibt nur der Test der 5 m Arbeitsbreite statistisch signifikante Unterschiede. Diese bestehen mit 0,002 zwischen dem Cluster 4 und dem Cluster 5.

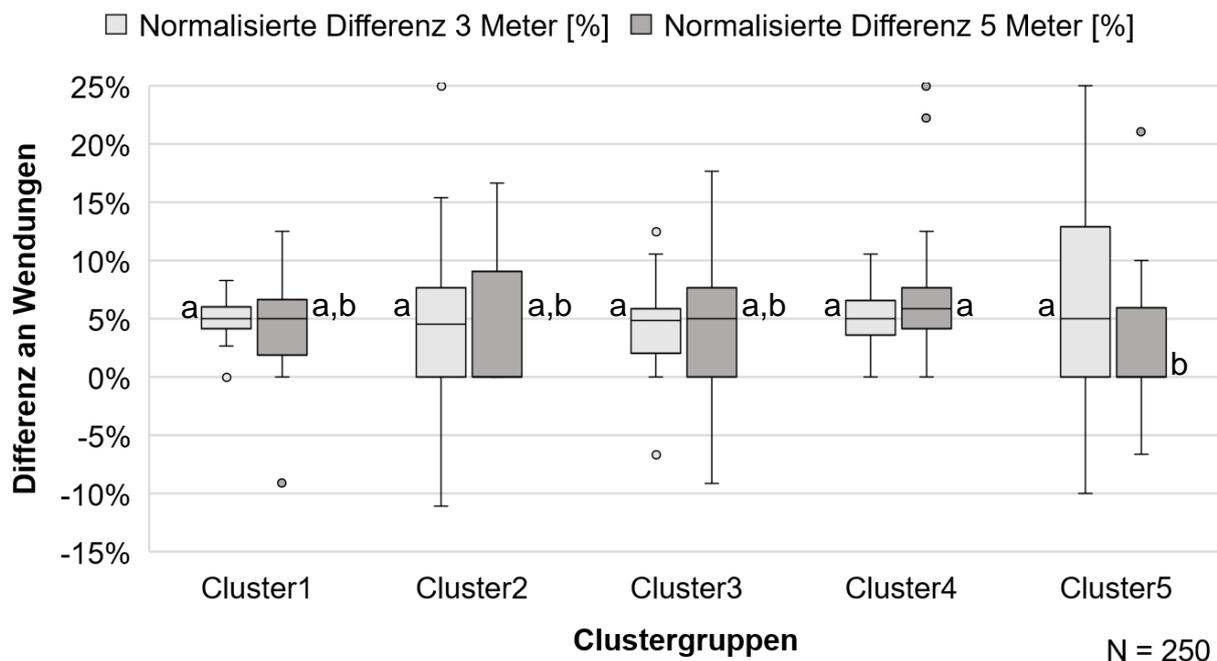


Abbildung 54: Normalisierter Wert der Differenz der Anzahl der Wendungen zwischen RTK-Nutzung und manueller Steuerung bei 3 m und 5 m Arbeitsbreite aufgeteilt nach Clustergruppen.

Zu sagen ist, dass nur Cluster 4 keinen Prozentwert unter null aufweist, die anderen Cluster schon (siehe Abbildung 54), obwohl ein Wert unter null eigentlich nicht möglich ist. Diese negativen Prozentwerte kommen zustande, da an den Feldrändern die Spur oftmals unterbrochen wird und wieder neu begonnen wird. Dies würde in der Praxis

mit dem Ausheben des Arbeitsgeräts oder der stärkeren Überlappung der Spuren gelöst werden. Jedoch wird jede Unterbrechung einer Spur vom Lacos-Fieldplanner als Wendung gewertet. Somit kommen mehr Wendungen bei genauerer Befahrung eines Feldstücks zustande.

5.3.3 Unterlapp

Die beiden Kruskal-Wallis-Tests für die normalisierten Werte der Differenzen des Unterlapps bei Anbaugeräten von 3 m und 5 m Arbeitsbreite mit und ohne RTK-Genauigkeit, ergaben für beide Arbeitsbreiten statistisch signifikante Unterschiede. Für die 3 m Arbeitsbreite ergaben sich die Unterschiede zwischen Cluster 2 und Cluster 3 und für die 5 m Arbeitsbreite zwischen Cluster 2 und Cluster 3 und zwischen Cluster 2 und Cluster 4 (siehe Abbildung 55).

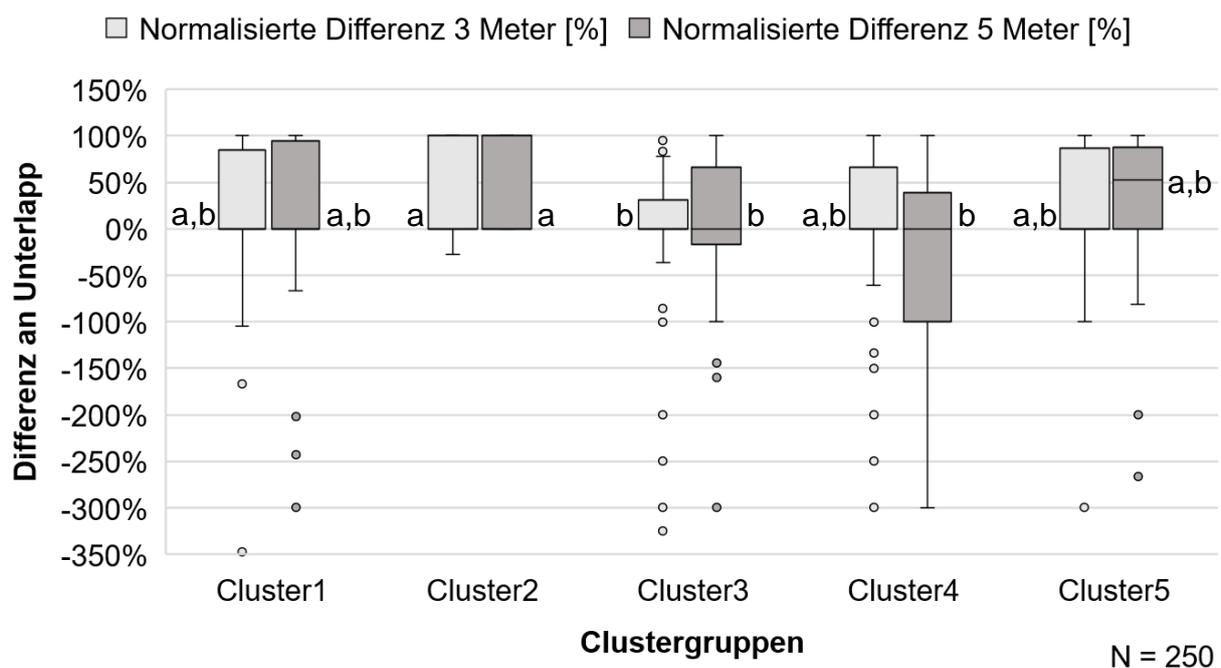


Abbildung 55: Normalisierter Wert der Differenz des Unterlapps zwischen RTK-Nutzung und manueller Steuerung bei 3 m und 5 m Arbeitsbreite der fünf Cluster.

Die große Streuung der Differenz des Unterlapps bedeutet für die Aussage zur Differenz der Fahrspurlänge einen gewissen Unsicherheitsfaktor. Dies deshalb, da sich trotz Spurlängeneinsparung durch Lenksysteme mit RTK-Unterstützung, aufgrund eines größeren Unterlapps, weniger oder keine Energieeinsparung pro Fläche ergeben könnte.

5.4 Ergebnisse der Berechnung des Energieeinsparungspotentials

In Tabelle 5 ist die gesamte Ackerfläche der Betriebsgrößen-Klassen aus dem Grünen Bericht 2019 aufgelistet sowie der Anteil, welcher mit RTK bewirtschaftet wird.

Tabelle 5: Ohne RTK-Technik bewirtschaftete Ackerflächen nach Bundesländer-Gruppen, errechnet auf Basis der Angaben im Grünen Bericht 2019 (BMNT) und der Auswertung des Fragebogens.

	Ackerfläche je Bundesländergruppe [ha]				
	NÖ+W	OÖ	Bgld	Stmk+Ktn	WÖ
Ackerfläche in Österreich laut Grünen Bericht 2019	683 261	289 160	150 401	187 994	14 668
Mit RTK-Technik bewirtschaftete Ackerfläche (laut Fragebogen berechnet)	115856 16,96%	31094 10,75%	67240 44,71%	27562 14,66%	41 0,28%
Ohne RTK-Technik bewirtschaftete Ackerfläche (laut Fragebogen berechnet)	567406 83,04%	258066 89,25%	83161 55,29%	160432 85,34%	14627 99,72%

Für den Kraftstoffverbrauch wurden Durchschnittswerte des ÖKL (2021) herangezogen. Um einen Durchschnittswert des Kraftstoffverbrauch des Hackgeräts zu erhalten, wurde der Mittelwert der Verbräuche nach ÖKL (2021) von Maishacken mit Hacksterngerät, Maishacken mit Hackmaschine, Hacken und Striegeln und Hacken von Rüben verwendet (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch je Arbeitsschritt in Litern Diesel pro Hektar laut ÖKL (2021).

V_{Diesel_ÖKL} [l/ha]			
Scheibenegge	7	Fräse	12
Leichtgrubber	9	Drillsaat	5
Schwergrubber	15	Einzelkornsaat	5
Tiefenlockerer	21	Kartoffellege-maschine	20
Walze	3,5	Hackgerät	4,875
Kreiselegge	10	Striegel	3,5

Auf Grund des Kruskal-Wallis-Tests und des Wilcoxon-Tests aus 5.3.1, welche keine signifikanten Unterschiede zwischen den Cluster und den Arbeitsbreiten ergaben, wird kein Einfluss der räumlichen Parameter am Treibstoffeinsparungspotential

angenommen. Somit werden diese in der Berechnung des Treibstoffeinsparungspotentials nicht berücksichtigt.

Aufgrund der statistisch signifikanten Unterschiede in der Spurlänge zwischen verschiedenen Feldbreiten aus 5.3.1 wurden diese in der Berechnung des Treibstoffeinsparungspotentials im Wert für e berücksichtigt. Die Unterschiede sind nur bei der 5 m Arbeitsbreiten aufgetreten und sind somit nur für die Scheibenegge, den Leichtgrubber, die Walze und den Striegel relevant. Für die 3 m Arbeitsbreite wird für den Faktor e der Mittelwert der Spurlängeneinsparung, welcher 5,2% beträgt, angenommen. Für die 5 m Arbeitsbreite wurde für Feldstücke mit einer Breite bis 28 m ein Mittelwert der Spurlängeneinsparung von 3,3% errechnet und für Feldstücke mit einer Breite größer 28 m beträgt der Mittelwert der Spurlängeneinsparung 5,1%. Gewichtet wurden die Spurlängeneinsparungen mit den prozentuellen Anteilen der Feldfläche der beiden Gruppen an der Gesamtfläche je Bundesländer-Gruppe (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Anteil der Feldfläche der Felder mit einer Breite von 0 bis 28m an der Gesamtackerfläche in den Bundesländergruppen und in gesamt Österreich.

	NÖ+W	oÖ	Bgld	Stmk+Ktn	WÖ
Flächenanteil Breite mbG 0-28 [%]	5,1	0,5	13,6	3,1	4,8
Einsparung (e) 3 m [%]	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Einsparung (e) 5m [%]	5,0	5,1	4,9	5,0	5,0
Leichtgrubber (e) [%]	5,0	5,1	4,9	5,2	5,2
Scheibenegge (e) [%]	5,2	5,2	4,9	5,2	5,2

Das hier berechnete und in Tabelle 8 gelistete Energieeinsparungspotential auf österreichischen Ackerflächen durch Nutzung von RTK-Signal, ist ein hypothetisches. Der Berechnung für jedes einzelne Anbaugerät liegt die Annahme zugrunde, dass sämtliche Ackerbauflächen mit dem jeweiligen Anbaugerät bearbeitet wurden.

Tabelle 8: Energieeinsparungspotential in Megawatt Stunden unter der Annahme, dass alle Ackerbauflächen, welche derzeit nicht RTK-Signal verwenden, dies tun würden.

	Energieeinsparungspotential [MWh]					
	NÖ+W	OÖ	Bgld	Stmk+Ktn	WÖ	Ö
Scheibenegge	1 944	884	266	550	50	3 694
Leichtgrubber	2 408	1 137	342	707	64	4 658
Schwergrubber	4 166	1 895	611	1 178	107	7 957
Tiefenlockerer	5 833	2 653	855	1 649	150	11 140
Walze	936	433	133	267	24	1 793
Kreiselegge	2 777	1 263	407	785	72	5 305
Fräse	3 333	1 516	488	942	86	6 366
Drillsaat	694	316	102	196	18	1 326
Einzelkornsaat	694	316	102	196	18	1 326
Kartoffellegemaschine	2 777	1 263	407	785	72	5 305
Hackgerät	677	308	99	191	17	1 293
Striegel	936	433	133	267	24	1 793

Die 22.041 Terajoule, welche laut Grünen Bericht 2019 (BMNT) im Jahr 2016 in der Landwirtschaft als energetischer Endverbrauch verbraucht worden sind, ergeben umgerechnet 6.122.500 Megawattstunden. Wenn davon, wie von Engelmann und Ladinig (2017) beschrieben, 40% in Form von Treibstoff verbraucht werden, ergibt dies einen Wert von 2.422.222 Megawattstunden. Am gesamten energetischen Endverbrauch in der Landwirtschaft würde das in Tabelle 8 angeführte Einsparungspotential, durch Verwendung von automatischer Lenkung mit RTK-Unterstützung, beim Schwergrubbers 0,12%, der Kreiselegge 0,08% und der Drillsaat 0,02% Einsparung ausmachen. Am Endverbrauch in Form von Treibstoff hätte das

berechnete Einsparungspotential einen Anteil von 0,29% beim Schwergrubber, 0,20% bei der Kreiselegge und 0,05% bei der Drillsaat. Diese Werte gelten für eine einmalige Befahrung des Feldes pro Jahr. Die errechneten Prozente scheinen auf den ersten Blick gering, die potenziellen Einsparungen in absoluten Zahlen rechtfertigen jedoch sicherlich eine genauere Betrachtung.

6 Schlussfolgerungen

Die Unterschiede im Rücklauf von Fragebögen aus den Bundesländern spiegeln die Unterschiede in der Rolle des Ackerbaus in der Landwirtschaft im jeweiligen Bundesland wider. Im Westen war der Rücklauf gering, da diese Bundesländer keine prädestinierten Ackerbauregionen sind. Im Osten Österreichs war der Rücklauf gut, da dort der Ackerbau eine wesentliche Rolle in der Landwirtschaft einnimmt und somit ein gewisses Interesse an diesbezüglichen Studien vorhanden ist. Insgesamt zeigt der Rücklauf an Fragebögen, dass bei größeren Betrieben tendenziell das Interesse an der Umfrage größer war, was sicherlich auf das größere Interesse dieser Betriebe an automatischen Lenksystemen und RTK-Nutzung zurückzuführen ist. Der unterschiedlich starke Rücklauf an Fragebögen aus den verschiedenen Bundesländern spiegelt auch in gewisser Weise den Stellenwert des Ackerbaus in diesen Gebieten wider.

Wie unter 5.1.1 beschrieben, war der Rücklauf des Fragebogens von Betrieben mit einer Betriebsgröße von 10 bis 50 Hektar eher schwach und zeugt somit von einem „geringen“ Interesse dieser Betriebe an der Umfrage. Es zeigt sich auch eine geringe Verbreitung und somit wohl auch ein geringes Interesse aus wirtschaftlichen Gründen von Betrieben mit einer Betriebsgröße von 10 bis 50 Hektar an der RTK-Nutzung. Hingegen war der Rücklauf aus Betrieben mit steigender Betriebsgröße gut ausgefallen. Um auch kleinere Betriebe europaweit konkurrenzfähiger zu machen, können hier Überlegungen angestellt werden, wie für diese Betriebe die Nutzung von RTK gestützten Lenksystemen interessant gemacht werden kann. Das für Landwirte kostenlose APOS-RTK ist ein Schritt in die richtige Richtung, jedoch wäre es wichtig, den Fokus auf die Technik, wie Hardware und Software am Traktor, zu legen, da dies der größte Kostenfaktor ist. Dies deshalb, da die Auswertung der Umfrage gezeigt hat, dass größere Betriebe signifikant häufiger Lenksysteme nutzen. In der Nutzung von RTK-Korrekturen konnte dies nicht statistisch abgesichert werden. Auch können attraktive Angebote und eine überbetriebliche Nutzung der Maschinen dazu beitragen, die RTK-Technik auch für kleinere Betriebe wirtschaftlich interessant zu machen.

Aus der Umfrage geht weiters hervor, dass es nur wenige Unterschiede in der Arbeitsbreite der Anbaugeräte zwischen den Bundesländer-Gruppen gibt (siehe 5.1.2, S.25), auch wenn tendenziell größere Arbeitsbreiten in den großen Ackerbauregionen

des Ostens genutzt werden. Das weist darauf hin, dass in Bezug auf die Arbeitsbreite keine Diversifizierung auf Bundesländerebene für das Energieeinsparungspotential erforderlich ist.

Aus der Befragung geht recht deutlich hervor, dass bei der Nutzung der RTK-Unterstützung von Betrieben unter 50 Hektar noch Potential für Lenksysteme besteht. Dies ist insofern von Bedeutung, da diese Betriebe einen wesentlichen Teil der österreichischen Ackerfläche bearbeiten (siehe Abbildung 6, S.22).

Die statistische Auswertung der Clusteranalyse ergab im Mittel keinen großen Einfluss der Feldformen auf das Treibstoffeinsparungspotential. Jedoch ist diese Aussage mit einer gewissen Unschärfe behaftet, aufgrund der Streuung der mit der Spurplanung generierten Parameter. Somit käme den Feldformen eine eher untergeordnete Rolle im Einfluss auf das Energieeinsparungspotential der Betriebe zu. Hingegen ergaben die statistischen Tests einen signifikanten Einfluss der Feldbreite auf die Spureinsparung. Aufgrund der begrenzten Fläche in diesem Segment ist dies aber nicht von großer Relevanz.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine Steigerung der Nutzung von Lenksystemen mit RTK-Unterstützung auf österreichischen Ackerflächen jedenfalls zu Treibstoffeinsparungen in den Betrieben führt. Der kleinere Einsparungseffekt von größeren Arbeitsbreiten in Kombination mit kleineren Feldbreiten hat bei der österreichischen Mechanisierung keinen wesentlichen Einfluss.

7 Weiterführende Arbeiten

In weiterführenden Arbeiten könnte gewisse Bereiche der Umfrage neu gestreut und spezifischer betrachtet werden um bessere Ergebnisse im Rücklauf in den Bundesländer Steiermark, Kärnten, Salzburg, Tirol und Vorarlberg zu erhalten. So z.B. könnten Fragen zur Häufigkeit des Einsatzes bestimmter Bodenbearbeitungsgeräte erfasst werden. Auch die Fragen welche Flächen und wie oft im Jahr diese mit dem jeweiligen Gerät bearbeitet werden, wäre in einer genaueren Analyse zielführend. Die Befragung könnte auf einzelne Bundesländer begrenzt durchgeführt werden, um mit einem höheren Rücklauf je Bundesland, ein genaueres Bild zu erhalten.

Weiterführend sollte das Einsparungspotential von Teilbreitenschaltungen in den Pflege- und Düngemaßnahmen genauer untersucht werden. Hier wären Fragen zur Häufigkeit des Einsatzes von Teilbreitenschaltung wichtig. Auch die Anzahl der Teilbreiten sollte erfasst werden, da diese ebenfalls das Ergebnis beeinflussen kann.

Interessant wäre es auch, die Anzahl der mit der Spurplanungssoftware untersuchten Ackerbauflächen zu vergrößern, um mögliche Trends erkennen zu können, die durch den in dieser Arbeit gewählten Umfang an Spurplanungen noch nicht sichtbar wurden. Darüber hinaus könnten Modelle erstellt werden, um Schläge mit sehr hohen oder kleinen Treibstoffeinsparungspotential zu identifizieren. Auf Basis von Satellitendaten bzw. über die RTK Navigationsdaten sollte auch ermittelt werden zu welchem Anteil die Feldbefahrung dem geplanten Muster entsprechen. Eine stichprobenartige Validierung der erhaltenen Werte durch reale Bearbeitung bestimmter Ackerflächen, mit und ohne automatischen Lenksystem, wäre sinnvoll. Auch könnte die Planung mit einer größeren Anzahl an Arbeitsbreiten durchgeführt werden, um den Einfluss dieser auf das Einsparungspotential genauer zu erkennen.

In einer weiterführenden Arbeit sollte auch das Energieeinsparungspotential durch den Einsatz von Teilbreitenschaltungen betrachtet werden, da in diesem Bereich erhebliches Potential vermutet werden kann. Um eine effizientere Bewirtschaftung der österreichischen Ackerflächen zu forcieren, wäre die häufigere Nutzung von automatischen Teilbreitenschaltungen sehr wahrscheinlich sinnvoll, da hier, wie unter 5.1.7 beschrieben, nicht nur ein großes Einsparungspotential an finanziellen Mitteln, sondern auch ein großes Potential zur Vermeidung von Umweltbelastungen durch

Überapplikationen mit Dünger und Pflanzenschutzmitteln, vorhanden ist. In diesem Zusammenhang wäre es zielführend Life Cycle Assessments für die eingesparten Betriebsmittel, wie Dünger und Pflanzenschutzmittel, zu erstellen.

8 Literaturverzeichnis

- BMK. 2018. *Aktuelle Liste - 3012: Österreichische Bundesländer* [Online]. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Available: https://secure.umweltbundesamt.at/edm_portal/redaList.do [Accessed 17.12.2020 2020].
- BMNT 2019. *Grüner Bericht 2019*. 60 ed. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.
- BMNT & BMVIT 2018. #mission2030. *Die österreichische Klima- und Energiestrategie*. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus und Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- COHEN, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, New York, LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES.
- CONRAD, O. 2008. *Module Polygon Shape Indices* [Online]. Available: http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/2.2.3/shapes_polygons_7.html [Accessed 17.12.2020 2020].
- CORASSA, G. M., AMADO, T. J. C., LISKA, T., SHARDA, A., FULTON, J. & CIAMPITTI, I. A. 2018. Planter Technology to Reduce Double-Planted Area and Improve Corn and Soybean Yields. *Agronomy journal*, 110, 310.
- DEMMELE, M. 2007. Automatische Spurführung von Landmaschinen Systeme, Einsatzbereiche, Wirtschaftlichkeit. *Landtechniktag 2007*. Landmaschinenschule Landshut Schönbrunn: LfL Landtechnik.
- EBNER, A. & GRUBER, M. 2020. *Analyse der österreichischen ackerbaulichen Strukturen auf Basis der INVEKOS-Datenbank mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen*. Universität für Bodenkultur,.
- ENGELMANN, K. & LADINIG, E. 2017. *Ein Wegweiser zur Senkung der Energiekosten im Betrieb*. Landwirtschaftskammer Österreich, LKÖ.
- FASSLER, M. 2018. Verfahrenstechnische Bewertung des manuellen und automatischen Lenksystems im Grünland und Ackerbau. Wien.
- GERL, G. 1993. *Felduntersuchungen zur Ausbringgenauigkeit bei Mineraldüngerstreuern*. Diplomarbeit, Technische Universität München.
- GROUP, A. T. A. 2020. *Mobile Netzabdeckung* [Online]. Available: <https://www.a1.net/hilfe-support/netzabdeckung/frontend/main.html> [Accessed 14.1 2021].
- HOLPP, M. 2012. *Untersuchungen zu Controlled Traffic Farming und satellitenbasierten Lenksystemen*. Doktorarbeit, Universität Kassel/Witzenhausen.
- HOLPP, M., KROULIK, M., KVIZ, Z., ANKEN, T., SAUTER, M. & HENSEL, O. 2013. Large-scale field evaluation of driving performance and ergonomic effects of satellite-based guidance systems. *Biosystems Engineering*, 116, 190-197.
- IBM-DEUTSCHLAND-GMBH. 2020. *Two-Step-Clusteranalyse* [Online]. Available: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/de/SSLVMB_sub/statistics_mahelp_ddita/spss/base/idh_twostep_main.html [Accessed 23.12.2020 2020].
- JURIŠIĆ, M., PLAŠČAK, I., ZIMMER, D., BARAČ, Ž. & RAPČAN, I. 2018. Modern navigation system DGPS as a function of saving in agriculture. *Tehnički vjesnik*, 25, 1074.

- KELC, D., STAJNKO, D., BERK, P., RAKUN, J., VINDIS, P. & LAKOTA, M. 2019. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation. *International journal of agricultural and biological engineering*, 12, 178.
- KRAL, I., MAUCH, M., BARTA, N., PIRINGER, G., BAUER, A., BAUERNDICK, J., BERNHARDT, H. & GRONAUER, A. Effizienzvergleich von automatischen Lenksystemen mit manueller Lenkung während der Grünlandernte auf Basis von Prozessparametern der Zugmaschine. *In: RUCKELSHAUSEN, A., MEYER-AURICH, A., LENTZ, W. & TEUVSEN, B., eds. 37. GIL-Jahrestagung - Digitale Transformation - Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft, 06.-07.03.2017 2017 Dresden. Gesellschaft für Informatik e. V. (GI), 81-84.*
- KUNZ, C., WEBER, J. F. & GERHARDS, R. 2015. Benefits of precision farming technologies for mechanical weed control in soybean and sugar beet - Comparison of precision hoeing with conventional mechanical weed control. *Agronomy (Basel)*, 5, 142.
- LANDERL, G. 2009. *Untersuchungen zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrssystemen (Lenkhilfe, Lenkassistent und Lenkautomat) bei Traktoren*. Master Masterthesis, Universität für Bodenkultur.
- LARSON, J. A., VELANDIA, M. M., BUSCHERMOHLE, M. J. & WESTLUND, S. M. 2016. Effect of field geometry on profitability of automatic section control for chemical application equipment. *Precision Agriculture*, 17, 18-35.
- LKÖ, L. Ö. 2016. Agrarischer Ausblick Österreich 2025. *Ergebnisse des Strategieprozesses*.
- LUCK, J. D., PITLA, S. K., SHEARER, S. A., MUELLER, T. G., DILLON, C. R., FULTON, J. P. & HIGGINS, S. F. 2010. Potential for pesticide and nutrient savings via map-based automatic boom section control of spray nozzles. *Computers and electronics in agriculture*, 70, 26.
- MITTERLEHNER, R. 2015a. Verallgemeinerte Methoden zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen. Bundesminister für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.
- MITTERLEHNER, R. 2015b. Verordnung des Bundesministers für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft über die Richtlinien für die Tätigkeit der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle (Energieeffizienz-Richtlinienverordnung) StF: BGBl. II Nr. 394/2015. Bundesminister für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.
- MOITZI, G., HEINE, E., REFENNER, K., PAAR, J. & BOXBERGER, J. 2007. Automatisches Lenksystem im Einsatz auf kleinen Flächen. *Arbeitswissenschaftliches Seminar*. Wien.
- PETERSEN, J., LEWENS, J. F. & HESS, S. 2018. Adoptions- und Diffusionsbarrieren von Precision Farming in Schleswig-Holstein. Bonn: A. Ruckelshausen et al.
- POHL, J.-P., RAUTMANN, D., NORDMEYER, H. & VON HÖRSTEN, D. 2019. Direkteinspeisung im Präzisionspflanzenschutz – Teilflächenspezifische Applikation von Pflanzenschutzmitteln. *Gesunde Pflanzen*, 71, 55.
- PRICE, R. R. 2011. A General Method to Illustrate the Different Field Efficiency Gains of Guidance Systems. *ASABE Meeting Presentation*.
- RECKLEBEN, Y. & NOAK, P. O. 2012. RTK-Netzwerke zur flächendeckenden hochgenauen Positionsbestimmung in der Landwirtschaft. *Landtechnik*, 67, 162-165.

- RECKLEBEN, Y. N., PATRICK OLE 2012. RTK-Netzwerke zur flächendeckenden hochgenauen Positionsbestimmung in der Landwirtschaft. *Landtechnik*, 67, 162-165.
- SCHUKAT, S., THEUVSEN, L. & HEISE, H. 2019. IT in der Landwirtschaft: mit einheitlichen Definitionen zu einheitlichem Verständnis. *In: MEYER-AURICH, A., GANDORFER, M., BARTA, N., GRONAUER, A., KANTELHARDT, J. & FLOTO, H. (eds.) 39. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen - ein Widerspruch in sich?* Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.
- SHOCKLEY, J. M., DILLON, C. R. & STOMBAUGH, T. S. 2011. A Whole Farm Analysis of the Influence of Auto-Steer Navigation on Net Returns, Risk, and Production Practices. *J. Agric. Appl. Econ*, 43, 75.
- ÖKL. 2021. *Kraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft* [Online]. Available: <https://oekl.at/wp-content/uploads/2021/01/%C3%96KL-RW-2021-Treibstoff.pdf> [Accessed 15.1. 2021].

9 Abkürzungsverzeichnis

A	Fläche
A _{Acker}	Ackerfläche ohne die Fläche auf der RTK bereits genützt wird
AIC	Informationskriterium nach Akaike
Bgld	<i>Burgenland</i>
bio	biologisch
<i>C_{Intervall}</i>	Prozentuelle Spurlängeneinsparung durch RTK-korrigierte GNSS-Nutzung
e	Faktor der Treibstoffeinsparung durch RTK-Nutzung
EE _{ges}	Energieeinsparungspotential pro Jahr
EEV	Energieverbrauch auf österreichischen Ackerflächen je Arbeitsschritt pro Jahr
<i>f_{Intervall}</i>	Anteil der Fläche der Felder eines Intervalls an der Gesamtackerfläche
GNSS	<i>Globale Navigations Satellitensysteme</i>
Hu _{Diesel}	Unterer Heizwert von Diesel
InVeKoS	Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem
kH	<i>konvexe Hülle</i>
konv	nicht biologisch
Ktn	Kärnten
l/ha	Liter pro Hektar
mbG	<i>minimal begrenzende Geometrie</i>
MWh	Megawattstunde
NÖ	Niederösterreich
NÖ+W	<i>Niederösterreich und Wien</i>
ÖKL	Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung
OÖ	<i>Oberösterreich</i>
RTK	Real Time Kinematic
Sbg	Salzburg
SI	<i>Shapeindex</i>
Stmk	Steiermark
Stmk+Ktn	<i>Steiermark und Kärnten</i>
T	<i>Tirol</i>
Vbg	<i>Vorarlberg</i>
V _{Diesel}	Kraftstoffverbrauch der Arbeitsschritte mit dem jeweiligen Anbaugerät in Liter pro Hektar
W	Wien
WÖ	<i>Westösterreich</i>

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Drei Feldstücke von der jeweiligen minimal begrenzenden Geometrie umschlossen und der Prozentwert der minimal begrenzenden Geometrie (Quelle: Ebner und Gruber, (2020)).....	8
Abbildung 2: Drei Feldstücke von der jeweiligen konvexen Hülle umschlossen und der Prozentwert der konvexen Hülle (Quelle: Ebner und Gruber, 2020).....	9
Abbildung 3: Drei Feldstücke vom kleinstmöglichen Kreis umschlossen und der Shape Index (Quelle: Ebner und Gruber, 2020).....	9
Abbildung 4: AIC-Änderung der Clusteranalyse mit automatischer Bestimmung der Clusteranzahl.....	17
Abbildung 5: Mittels Fragebogen erhobene Betriebsgrößen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Betrieben mit Ackerland.....	21
Abbildung 6: Mittels Fragebogen erhobene Ackerflächen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Betrieben mit Ackerland.....	22
Abbildung 7: Mittels Fragebogen erhobene Betriebsgrößen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Biobetrieben mit Ackerland.....	23
Abbildung 8: Mittel Fragebogen erhobene Ackerflächen und solche aus dem Grünen Bericht 2019 von österreichischen Biobetrieben mit Ackerland.....	23
Abbildung 9: Prozentuelle Verteilung der Ackerflächen aus dem Grünen Bericht 2019 (BMNT) je Bundesländer-Gruppe auf die Betriebsgrößen-Klassen.....	24
Abbildung 10: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Scheibenegge bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.....	28
Abbildung 11: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Leichtgrubbers bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.....	29
Abbildung 12: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Kreiselegge bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.....	30
Abbildung 13: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Kartoffellegemaschine bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.....	31
Abbildung 14: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Kalkstreuers bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.....	32
Abbildung 15: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite der Pflanzenschutzspritze bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.....	33

Abbildung 16: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Fahrgassenabstandes bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.....	33
Abbildung 17: Mittels Fragebogen erhobene Arbeitsbreite des Striegels bezogen auf Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich.	34
Abbildung 18: Mittels Fragebogen erhobene Bewirtschaftungsform der Ackerbaubetriebe Österreichs.	35
Abbildung 19: Mittels Fragebogen erhobene Daten zu Bewirtschaftungsart und dem Anlegen von Fahrgassen für österreichische Betriebe mit Ackerland.....	36
Abbildung 20: Mittels Fragebogen erhobene Daten zu Bewirtschaftungsart und der RTK-Nutzung für österreichische Betriebe mit Ackerland.....	37
Abbildung 21: Mittels Fragebogen erhobene Betriebe mit Angaben zum Anlegen von Fahrgassen nach Bundesländer-Gruppen und für gesamt Österreich. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.	39
Abbildung 22: Mittels Fragebogen erhobene Betriebe mit Angaben zum Anlegen von Fahrgassen eingeteilt nach Betriebsgrößen-Klassen für gesamt Österreich. Die Betriebsgrößen-Klassen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.	39
Abbildung 23: Mittels Fragebogen erhobene Daten zum Anlegen von Fahrgassen und RTK-Nutzung gefiltert mit der allgemeinen Nutzung von Lenksystemen.	40
Abbildung 24: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von Parallelfahreinrichtung allgemein mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs.	41
Abbildung 25: Mittels Fragebogen erhobene Betriebe mit Angaben zur Nutzung von Parallelfahreinrichtungen eingeteilt nach Betriebsgrößen-Klassen für gesamt Österreich. Die Betriebsgrößen-Klassen, bei denen der P-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.	43
Abbildung 26: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von Lenkhilfsprogrammen mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs. ...	44
Abbildung 27: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von nachgerüsteten automatischen Lenkungen mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs.	45

Abbildung 28: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung von Lenkautomaten oder Lenkassistenten mit und ohne Verwendung von RTK-Signal auf den Ackerbaubetrieben Österreichs.	46
Abbildung 29: Mittels Fragebogen erhobene RTK-Nutzung auf den Ackerbaubetrieben Österreichs. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der P-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.	47
Abbildung 30: Mittels Fragebogen erhobene Art des Wendemanövers für gesamt Österreich.	48
Abbildung 31: Mittels Fragebogen erhobene Daten zur Art des Wendemanövers und RTK-Nutzung gefiltert mit der allgemeinen Nutzung von Lenksystemen.	49
Abbildung 32: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung und -art der zur Aussaat verwendeten Geräte für gesamt Österreich.	50
Abbildung 33: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung des Mineraldüngerstreuers aufgeteilt in die Gebiete Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.	51
Abbildung 34: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung und -art des Mineraldüngerstreuers für gesamt Österreich.	52
Abbildung 35: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung der Pflanzenschutzspritze aufgeteilt in Gebiete (Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich). Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.	53
Abbildung 36: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenschaltung und -art der Pflanzenschutzspritze für gesamt Österreich.	54
Abbildung 37: Mittels Fragebogen erhobene Nutzung der Teilbreitenart der Pflanzenschutzspritze aufgeteilt in die Gebiete Bundesländer-Gruppen und gesamt Österreich. Die Bundesländer-Gruppen, bei denen der p-Wert des Post-hoc-Tests unter dem nach Bonferoni korrigierten Alpha liegen, sind mit einem Stern (*) markiert.	55

Abbildung 38: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am häufigsten genutzten Traktoren gelistet nach Baujahr.....	57
Abbildung 39: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am häufigsten genutzten Traktoren gelistet nach PS-Klassen.	58
Abbildung 40: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am zweithäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach Baujahr.....	59
Abbildung 41: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am zweithäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach PS-Klassen.	60
Abbildung 42: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der im jeweiligen Betrieb am dritthäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach Baujahr.....	61
Abbildung 43: Mittels Fragebogen erhobene Anzahl der am im jeweiligen Betrieb dritthäufigsten genutzten Traktoren gelistet nach PS-Klassen.	62
Abbildung 44: Shape Index (SI) für Ackerflächen bezogen auf Bundesländer begrenzt mit dem 90%-Perzentil (Datenquelle: Ebner&Gruber, 2020).	64
Abbildung 45: Konvexe Hülle (kH) für Ackerflächen bezogen auf Bundesländer begrenzt mit dem 90%-Perzentil (Datenquelle: Ebner&Gruber, 2020).	65
Abbildung 46: Minimal begrenzenden Geometrie (mbG) für Ackerflächen bezogen auf Bundesländer begrenzt mit dem 90%-Perzentil (Datenquelle: Ebner&Gruber, 2020).	66
Abbildung 47: Verteilung der österreichischen Ackerflächen auf die fünf Cluster mit der Anzahl an Felder, den prozentuellen Anteil am Gesamtdatensatz und exemplarischen Feldformen.	67
Abbildung 48: Anteil der Cluster aus der Clustergruppe im jeweiligen Bundesland..	68
Abbildung 49: Verteilung der SI-Werte in den fünf Clustern. Aufgrund der hohen Streuung in Cluster 5 wurde die y-Achse für eine bessere Lesbarkeit des Diagramms mit 4 begrenzt.....	69
Abbildung 50: Verteilung der kH-Werte in den fünf Clustern. Aufgrund der hohen Streuung in Cluster 5 wurde die y-Achse für eine bessere Lesbarkeit des Diagramms mit 50 begrenzt.....	70
Abbildung 51: Verteilung der mbG-Werte der fünf Cluster. Aufgrund der hohen Streuung in Cluster 5 wurde die y-Achse für eine bessere Lesbarkeit des Diagramms mit 150 begrenzt.....	71

Abbildung 52: Normalisierter Wert der Differenz der Spurlänge zwischen RTK-Nutzung und manueller Steuerung bei 3 m und 5 m Arbeitsbreite der fünf Cluster.	72
Abbildung 53: Verteilung der Spurlängeneinsparung in Abhängigkeit von der Feldbreite	73
Abbildung 54: Normalisierter Wert der Differenz der Anzahl der Wendungen zwischen RTK-Nutzung und manueller Steuerung bei 3 m und 5 m Arbeitsbreite aufgeteilt nach Clustergruppen.	74
Abbildung 55: Normalisierter Wert der Differenz des Unterlapps zwischen RTK-Nutzung und manueller Steuerung bei 3 m und 5 m Arbeitsbreite der fünf Cluster. .	75

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittels Fragebogen erhobene Anbaugeräte mit dem Vertrauensbereich der Arbeitsbreite. Antworten außerhalb dieses Bereiches wurden nicht in der weiteren Auswertung berücksichtigt.....	13
Tabelle 2: Mittelwerte, Antwortenzahl, Signifikanzniveau des Kruskal-Wallis-Tests und Unterscheidungen des paarweisen Vergleichs der räumlichen Indizes in Form von hochgestellten Kleinbuchstaben der mittels Fragebogen erhobene Anbaugeräte und des Fahrgassenabstandes für die Bundesländer-Gruppen und ganz Österreich.	26
Tabelle 3: Mediane, Antwortenzahl, Signifikanzniveau des Kruskal-Wallis-Tests und Unterscheidungen des paarweisen Vergleichs der räumlichen Indizes in Form von hochgestellten Kleinbuchstaben der mittels Fragebogen erhobene Anbaugeräte und des Fahrgassenabstandes für die Bundesländer-Gruppen und ganz Österreich.	27
Tabelle 4: Mittelwerte, Signifikanzniveau des Kruskal-Wallis-Tests und Unterschiede des paarweisen Vergleichs der räumlichen Indizes in Form von hochgestellten Kleinbuchstaben für die Bundesländer-Gruppen und ganz Österreich (Datenquelle: Ebener & Gruber, 2010).	63
Tabelle 5: Ohne RTK-Technik bewirtschaftete Ackerflächen nach Bundesländer-Gruppen, errechnet auf Basis der Angaben im Grünen Bericht 2019 (BMNT) und der Auswertung des Fragebogens.....	76
Tabelle 6: Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch je Arbeitsschritt in Litern Diesel pro Hektar laut ÖKL (2021).....	76
Tabelle 7: Anteil der Feldfläche der Felder mit einer Breite von 0 bis 28m an der Gesamtackerfläche in den Bundesländergruppen und in gesamt Österreich.	77
Tabelle 8: Energieeinsparungspotential in Megawatt Stunden unter der Annahme, dass alle Ackerbauflächen, welche derzeit nicht RTK-Signal verwenden, dies tun würden.	78

12 Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung der minimal begrenzenden Geometrie als Prozentwert (Quelle: Ebner und Gruber, (2020).....	8
Formel 2: Berechnung der konvexen Hülle als Prozentwert (Quelle: Ebner und Gruber, 2020).	8
Formel 3: Berechnung des Shape Index als dimensionsloser Parameter (Conrad, 2008).	9
Formel 4: Nach Bonferoni korrigiertes Alpha	14
Formel 5: Berechnung des Energieeinsparungspotentials pro Jahr.	18
Formel 6: Energieverbrauch auf österreichischen Ackerflächen je Arbeitsschritt und Jahr.....	18
Formel 7: Faktor der Treibstoffeinsparung durch RTK-Nutzung.....	19

13 Anhang

13.1 Gestellte Fragen des Fragebogens

- In welchem Bundesland befindet sich Ihr Betrieb?
- In welchem Bezirk befindet sich Ihr Betrieb?
- In welchem Land befindet sich Ihr Betrieb?
- Wie viel land- und forstwirtschaftlich genutzte Fläche (in ha) bewirtschaften sie?
Bitte alle Flächen, auch Pachtflächen, miteinbeziehen.
- Wie wurden Ihre Flächen 2019 genutzt (in ha)?
- Welche dieser Feldfrüchte haben Sie 2019 auf Ihren ackerbaulich genutzten Flächen angebaut? Bitte in ha eintragen.
- Wie viele Feldstücke bewirtschaftet Ihr Betrieb?
- Wie weit entfernt (in km) von Ihrer Hofstelle befinden sich Ihre Feldstücke durchschnittlich?
- Wie weit weg (in km) ist Ihr Feldstück mit dem längsten Anfahrtsweg?
- Bewirtschaften Sie Ihren Betrieb biologisch?
- Bitte geben Sie die Kennzahlen der drei am häufigsten verwendeten Traktoren Ihres Betriebes an.
- Nutzen Sie mit Ihrem Traktor/Ihren Traktoren Parallelfahreinrichtungen?
- Wissen Sie, welches Korrektursignal Ihr Lenkautomat/Ihre Lenkhilfe nutzt?
- Wie planen Sie die Fahrspuren Ihrer Maschinen über Ihre Feldstücke?
- Wie legen Sie Ihre Fahrspuren über das Feld fest?
- Empfinden Sie persönlich eine Verbesserung des Fahrkomforts durch Nutzung von Lenkhilfeprogrammen bzw. Unterstützung der Anzeige?
- Empfinden Sie persönlich eine Verbesserung des Fahrkomforts durch die Nutzung von automatischer Lenkung/ Lenkautomaten bzw. Lenkassistenten?
- Welches Wendemanöver wenden Sie mit Ihrer Zugmaschine hauptsächlich bei Arbeiten am Feld an?
- Wie gut ist die Mobilfunk-Netzabdeckung auf Ihren Feldstücken?
- Nutzen Sie mehrere Simkarten von verschiedenen Netzanbietern oder eine Multisim, um die Netzabdeckung zu verbessern?

- Welche der folgenden Geräte zur Bodenbearbeitung nutzt Ihr Betrieb? (Kein Unterschied ob Gerät im eigenen Besitz, in einer Gemeinschaft oder im überbetrieblichen Einsatz).
- Wie viele Scharen/Pflugkörper hat Ihr meistgenutzter Pflug?
- Arbeiten Sie mit dem Pflug in der Furche ("off-land") oder "on-land" (= Fahren außerhalb der Furche bei konventionellem Einsatz des Pfluges) ?
- Welche Arbeitsbreite hat Ihr Leichtgrubber in Metern?
- Welche Arbeitsbreite hat Ihr Schwergrubber in Metern?
- Welche Arbeitsbreite hat Ihr Tiefenlockerer in Metern?
- Welche Arbeitsbreite hat Ihre meist genutzte Kreiselegge in Metern?
- Welche Arbeitsbreite hat Ihre Scheibenegge in Metern?
- Welche Arbeitsbreite hat Ihre Walze in Metern?
- Welche Arbeitsbreite hat Ihre Fräse in Metern?
- Legen Sie, wenn es möglich ist, bei der Aussaat Fahrgassen (für spätere Pflegemaßnahmen wie Pflanzenschutz oder Düngerausbringung) auf Ihren Feldstücken an?
- Wie breit ist der Abstand zwischen Ihren Fahrgassen (in Metern)?
- Welche Geräte zur Aussaat besitzt Ihr Betrieb bzw. nutzen Sie überbetrieblich?
- Welche Arbeitsbreite (m) nutzen Sie bei der Drillsaat?
- Welche Arbeitsbreite (m) nutzen Sie bei der Einzelkornsaat?
- Welche Arbeitsbreite (m) nutzen Sie bei der Kartoffellegemaschine?
- Welche Arbeitsbreite (m) nutzen Sie bei den Pflanz- und Setzmaschinen?
- Besitzt das von Ihnen genutzte Gerät/Maschine zur Aussaat die Möglichkeit Teilbreiten zu- bzw. abzuschalten?
- Wie werden die Teilbreiten zu- bzw. abgeschaltet?
- Welche Geräte nutzt Ihr Betrieb? Düngung und Pflanzenschutz
- Welche maximale Arbeitsbreite (m) hat der von Ihnen genutzte Mineraldüngerstreuer?
- Hat der von Ihnen genutzte Mineraldüngerstreuer eine Teilbreitenschaltung?
- Wie werden die Teilbreiten zu- bzw. abgeschaltet?
- Welche maximale Arbeitsbreite (m) hat der von Ihnen eingesetzte Kalkstreuer?
- Mit welcher Technik wird auf Ihrem Betrieb Gülle ausgebracht?

- Was ist Ihre Arbeitsbreite (in Metern) bei der Gülleausbringung mit Schleppschuh bzw. Schleppschlauch?
- Was ist die Arbeitsbreite Ihres Güllegrubbers (in Metern)?
- Welche Arbeitsbreite (m) hat Ihre Pflanzenschutzspritze?
- Besitzt Ihre Pflanzenschutzspritze die Option, Teilbreiten zu- bzw. wegzuschalten?
- Wie werden die Teilbreiten zu- bzw. abgeschaltet?
- Welche Arbeitsbreite (m) hat das von Ihnen genutzte Hackgerät?
- Welche Arbeitsbreite (m) hat der von Ihnen genutzte Striegel?
- Verwenden Sie Mineraldünger auf Ihren Feldern?
- Welche Informationsquellen nutzen Sie, um Ihren Mineraldüngerbedarf zu berechnen?
- Welche Düngerstrategie verfolgen Sie basierend auf den senorgestützten Systemen bzw. den Satelliten-Informationen?
- Wie viel mineralischen Stickstoff kauft Ihr Betrieb pro Jahr zu (kg N)?
- Welche Art von Stickstoffdünger verwenden Sie?
- Wie alt sind Sie?
- Was ist Ihr Geschlecht?
- Was ist Ihre höchste abgeschlossene Ausbildung?
- Was ist Ihre höchste abgeschlossene landwirtschaftliche Ausbildung?

13.2 Aus dem LACOS FieldPlanner 2.8.0.0 generierte Parameter:

- Index: Index zur Identifizierung des Fahrspursets entsprechend des zugrunde liegenden Feldgrenzensegmentes
- Wendungen: Gesamtanzahl an Wendungen im Fahrspurset
- Güte Auftreffwinkel: Aufsummierte Werte des Auftreffwinkels der Fahrspuren auf das Vorgewende (bzw. die Feldgrenze oder Sperrfläche). Je höher dieser Wert ist, desto schlechter sind die Auftreffwinkel der Fahrspuren auf das Vorgewende bzw. Feldgrenze.
- Auftreffwinkel je Spur: Ø Auftreffwinkel in Grad
- Wendungen je Kilometer: Ø Anzahl an Wendungen pro Kilometer Fahrspur

- Gesamtpurlänge: Aufsummierte Längen aller Fahrspuren des Fahrspursets
- Feldfläche: Fläche des Feldes in ha
- Vorgewendefläche: Fläche des Vorgewendes in qm (und in Prozent der Feldfläche)
- Brutto-Fläche: Gesamt bearbeitete Fläche in ha (und in Prozent der Feldfläche). Dabei werden doppelt bearbeitete Flächen auch doppelt gezählt.
- Netto-Fläche: Relative bearbeitete Fläche in ha (und in Prozent der Feldfläche). Doppelt bearbeitete Flächen werden nur einfach gezählt.
- Überlappung: Fläche in m² (und %), die doppelt bearbeitet wird
- Unterlappung: Fläche in m² (und %), die nicht bearbeitet wird
- optimale Wendungen: Optimierungsparameter, der sich aus allen für Wendungen relevanten Ergebnissen zusammensetzt, um die optimale Befahrungsstrategie im Hinblick auf Wendungen zu berechnen
- Präzision: Optimierungsparameter, der sich aus allen für die Präzision der Bearbeitung relevanten Ergebnissen zusammensetzt, um die optimale Befahrungsstrategie im Hinblick auf die höchste Präzision zu berechnen
- Name: Selbst zu vergebender Name für das Abspeichern