



Humusgehalt, Säuregrad und pflanzenverfügbare Phosphor- und Kaliumgehalte auf Acker- und Grünland in Oberösterreich:

Aktueller Status auf Basis der Landesbodenuntersuchungsaktion 2009 in Abhängigkeit von Region, Betriebstyp (Tierhaltung und/oder Marktfruchtbetrieb), Bewirtschaftungsform (konventionell vs. biologisch) und weiterer ÖPUL-Maßnahmen sowie Ableitung von Entwicklungstrends seit Einführung des ÖPUL auf Basis von Bodendaten aus der Praxis von den Perioden 1991-1995 und 2008-2011 und der Bodenzustandsinventur OÖ 1993

Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion,
Geschäftsfeld Ernährungssicherung

Georg Dersch, Heide Spiegel, Johannes Hösch, Hans-Peter Haslmayr u. Andreas Baumgarten

Fachbereich Daten, Statistik und integrative Risikobewertung; Abteilung Statistik

Sabrina Scheriau

In Kooperation mit der Bodenschutzberatung Oberösterreich

Franz X. Hölzl u. Johannes Recheis-Kienesberger

Erstellt für das

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

laut

BMLFUW-LE.1.3.7/0014-II/5/2011

Wien, im März 2013

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION



Europäischer Landwirtschaftsfonds
für die Entwicklung des ländlichen
Raums: Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung (Problemstellung, Datengrundlage, Methodik der Untersuchungsverfahren, statistische Auswertung).....	4
1.1	Zielsetzung der Landesbodenuntersuchung	4
1.2	Organisation, Durchführung der Landesbodenuntersuchung.....	4
1.3	Methodik der Untersuchungsverfahren (Bodenparameter) und Verknüpfung mit betriebsbezogenen Daten (INVEKOS)	5
1.4	Erweiterung Landesbodenuntersuchung mit weiteren verfügbaren Bodendaten für Vergleiche der zeitlichen Entwicklung	6
1.5	Statistische Auswertungsverfahren	7
2	Herkunft der Bodenproben der Landesbodenuntersuchung nach Haupt- und Kleinproduktionsgebieten	8
2.1	Bodenproben von Ackerstandorten	10
2.2	Bodenproben von Grünlandstandorten	12
3	pH-Wert, Humusgehalt und pflanzenverfügbare P- und K-Gehalt nach Hauptproduktionsgebieten auf Acker- und Grünland.....	14
3.1	Bodenparameter auf Ackerland nach Kleinproduktionsgebieten	16
3.2	Bodenparameter auf Grünland nach Kleinproduktionsgebieten	18
3.3	Diskussion zur großen regionalen und standörtlichen Streuung der Bodenparameter	21
4	Einfluss der Tierhaltung auf die Bodenparameter	23
4.1	Tierhaltung und Säuregrad des Bodens.....	23
4.2	Tierhaltung und Humusgehalt des Bodens	26
4.3	Tierhaltung und pflanzenverfügbare Phosphorgehalt des Bodens.....	31
4.4	Tierhaltung und pflanzenverfügbare Kaliumgehalt des Bodens	35
4.5	Diskussion zu Einfluss der Tierhaltung auf Bodenparameter	38
5	Vergleich der Bewirtschaftungsform: Konventionell vs. Biologisch.....	40
5.1	Übersicht der Bodenparameter in ausgewählten Regionen nach mindestens 9-jähriger unterschiedlicher Bewirtschaftung	40
5.2	Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten	47
5.3	Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Acker nach KPG	51
5.4	Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Grünland nach HPG	59
5.5	Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Grünland nach KPG	61
5.6	Diskussion zu Humusgehaltssteigerungen im biolog. Landbau	64

6	Weitere ÖPUL-Maßnahmen (UBAG, Begrünung von Ackerflächen, Mulch- und Direktsaat), Bodendaten- und Bewirtschaftung	66
6.1	Umweltgerechte Bewirtschaftung von Ackerflächen.....	66
6.2	Begrünung von Ackerflächen	69
6.3	Mulch- und Direktsaat auf Ackerflächen.....	75
7	Modellentwicklung zur Erklärung der Response-Variablen (pH-Wert, Humus, P-CAL u. K-CAL).....	80
8	Entwicklungstrends der Bodenparameter auf Basis aller verfügbaren Daten zwischen 1991-95 und 2008-2011.....	84
8.1	Säuregrad (pH-Wert) auf Ackerland.....	84
8.2	Säuregrad (pH-Wert) auf Grünland	86
8.3	Humusgehalt auf Ackerland	88
8.4	Humusgehalt auf Grünland	90
8.5	Pflanzenverfügbarer Phosphorgehalt auf Ackerland	94
8.6	Pflanzenverfügbarer Phosphorgehalt auf Grünland	95
8.7	Pflanzenverfügbarer Kaliumgehalt auf Ackerland.....	98
8.8	Pflanzenverfügbarer Kaliumgehalt auf Grünland.....	99
8.9	Diskussion der Datenlage zur Beurteilung des Bodenzustandes, zur Ableitung von zeitlichen Veränderungen und zur Verbesserung des Bodenmanagements.....	101
9	Aktueller Status der Bodenparameter in Oberösterreich nach Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage	104
9.1	pH-Wert auf Acker- und Grünland.....	104
9.2	Humusgehalt auf Ackerland	106
9.3	Humusgehalt auf Grünland	107
9.4	Pflanzenverfügbarer Phosphorgehalt auf Acker- und Grünland	108
9.5	Pflanzenverfügbarer Kaliumgehalt auf Acker- und Grünland	110
10	Zusammenfassung	112
10.1	Datengrundlage der Bodenparameter und der Bewirtschaftung	112
10.2	Regionale Auswertung der Bodenparameter und in Abhängigkeit von der Tierhaltung.....	112
10.3	Auswirkungen von ÖPUL-Maßnahmen auf Bodenparameter	114
10.4	Entwicklungstrends der Bodenparameter im zeitlichen Verlauf.....	115
11	Literatur und Anhang	117
12	Tabellenverzeichnis	120
13	Abbildungsverzeichnis	125

1 Einleitung (Problemstellung, Datengrundlage, Methodik der Untersuchungsverfahren, statistische Auswertung)

Ausgelöst durch den Klimawandel und die geforderten Klimaschutzmaßnahmen, der Entwicklung von geeigneten Anpassungsstrategien, strittigen Diskussionen um abnehmende Humusgehalte, zunehmender Konkurrenz von Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion und steigenden Betriebsmittelpreisen, insbesondere bei Phosphordüngern, gewinnen konkrete und repräsentative Basisdaten zum Status der Bodenqualität an Bedeutung. Aus diesen Gründen wurde ein Beratungsprojekt im Jahr 2009 („Landesbodenuntersuchung“) mit einem finanziellen Zuschuss für die Betriebe bei der Durchführung von Bodenuntersuchungen angeboten.

Es wurden auf Initiative von Agrarlandesrat Dr. Josef Stockinger in Kooperation mit der Abt. Land- und Forstwirtschaft, Amt der Oö. Landesregierung, und der Landwirtschaftskammer Oberösterreich landesweit landwirtschaftlich genutzte Flächen auf pH-Wert, pflanzenverfügbare Phosphor- und Kaliumgehalt sowie Humusgehalt untersucht. Ausreichend hohe Humusgehalte sind Zeichen von nachhaltig bewirtschafteten Böden und tragen wesentlich zur Erfüllung der wichtigsten Bodenfunktionen bei (Produktion, Puffer- und Filterwirkung). Die Phosphorlager auf unserem Planeten werden knapp, der Phosphoraustrag in Gewässer hat eine hohe Umweltrelevanz, Phosphor-, aber auch Stickstoff- und Kalidünger sind in letzter Zeit rapid im Preis gestiegen. Dies ist Grund genug, um – nach fast 1 1/2 Jahrzehnten ÖPUL und fast 2 Jahrzehnte nach Abschluss der Beprobung für die Oberösterreichische Bodenzustandsinventur (BZI) 1993 die Böden in einem repräsentativen Ausmaß auf wesentliche Parameter hin zu untersuchen. Im Hinblick auf eine umweltgerechte Pflanzenproduktion, effizienten Düngereinsatz, Dünger- und Kosteneinsparung ist auf eine ausgewogene Nährstoffversorgung, optimale Humusgehalte und Säuregrade der Böden besonders Bedacht zu nehmen.

1.1 Zielsetzung der Landesbodenuntersuchung

- Betriebswirtschaftliche Kostensenkung: Minimierungsstrategie beim Mineraldüngereinsatz als Reaktion auf starke Preisanstiege
- Aktiver Boden-, Wasser- und Umweltschutz: Optimierter und effizienter Düngereinsatz durch exakte Düngeempfehlungen unter Berücksichtigung der Nährstoffversorgung auf den Einzelflächen
- Kenntnisstand über die Nährstoffversorgung und Säuregrade: Verbesserung der Datengrundlage der landwirtschaftlichen Nutzflächen in OÖ
- Kenntnisstand über die Humusgehalte: Verbesserung der aktuellen Datengrundlage für eine fundierte Argumentation auch in der Klimadiskussion, insbesondere zum Thema Kohlenstoff-Speicherung in landwirtschaftlich genutzten Böden.

1.2 Organisation, Durchführung der Landesbodenuntersuchung

Im Dezember 2008 hat die Oö. Bodenschutzberatung das Projekt konzipiert (Planung, Kostenschätzung, Beschaffung der erforderlichen Utensilien, ...) und die

erforderlichen Unterlagen erstellt. Im Jänner 2009 wurde im Rahmen einer Pressekonferenz mit LR Dr. Josef Stockinger und LK-Präsident ÖR Hannes Herndl und mit einer Startveranstaltung im Bezirk Urfahr auf dieses Projekt aufmerksam gemacht. Bei den OBO-Konferenzen (Jänner, Februar, März) wurden die Ortsbauernobmänner mit der Thematik (Probenziehung, Organisation und Logistik) betraut. Um regelmäßige und zügige Bodenuntersuchungen zu ermöglichen, stellte das Land OÖ allen Ortsbauernschaften jeweils einen Bodenbohrer zur Verfügung. Im Jahr 2009 wurden die Probenziehungen gemeindeweise gemeinsam durchgeführt und an Sammelstellen (Bezirksbauernkammern, AGES Linz, CEWE Nußbach bzw. EUF/Agrana) gebracht.

Um für die Landwirte einen Anreiz zu schaffen, beteiligte sich das Land OÖ mit € 30,- pro Betrieb, das entsprach in etwa der Übernahme der Kosten für ca. 2 Analysen. Die Untersuchungskosten für weitere im Rahmen des Projektes gewünschte Bodenproben waren von den jeweiligen Landwirten zu tragen. Es waren aber mindestens 4 Bodenproben je Betrieb durchzuführen. Dafür erklärten sich die Nutzungsberechtigten bereit, dass die Ergebnisse betriebsspezifisch mit den INVEKOS-Daten aufbereitet und ausgewertet werden können, in den Erhebungsbögen war daher die Betriebsnummer anzugeben. Zugleich wurde vereinbart, dass nur Auswertungen auf Kleinproduktionsebene bzw. auf Bezirksebene vorgenommen werden, um die Anonymität zu wahren. Die Ortsbauernobmänner übernahmen mit Unterstützung der jeweiligen Bezirksbauernkammer folgende Aufgaben: Information und Abwicklung vor Ort, Einsammlung der Bodenproben und Transport zum Labor. Die Beprobungen wurden von den Landwirten entsprechend den einschlägigen Anleitungen gemäß ÖNORM L 1055 und 1056 durchgeführt: Beprobungstiefe auf Ackerland bis 25 cm, auf Grünland bis 10 cm, mindestens etwa 25 Einstiche pro Feldstück, die zu einer homogenen Mischprobe vereinigt werden.

1.3 Methodik der Untersuchungsverfahren (Bodenparameter) und Verknüpfung mit betriebsbezogenen Daten (INVEKOS)

Als Analyseparameter mussten zumindest pH-Wert, pflanzenverfügbares Phosphor und Kalium sowie der Humusgehalt untersucht werden. Vereinzelt wurden weitere Parameter gewünscht, wegen der geringen Anzahl und subjektiven Auswahl der Landwirte wurden damit keine Auswertungen durchgeführt.

In den Untersuchungslabors der CEWE Nußbach und der AGES in Wien wurden die Proben entsprechend der einschlägigen ÖNORM-Vorschriften getrocknet und homogenisiert und nach den in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung genannten Verfahren (pH- Wert nach ÖNORM L 1083; Humusgehalt nach ÖNORM L 1080 –trockene Verbrennung; pflanzenverfügbare P- und K-Gehalte nach ÖNORM L 1087) untersucht. Alle Bewertungen der Bodenparameter erfolgen entsprechend den Richtlinien für die sachgerechte Düngung des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des BMLFUW (6. Auflage, 2006).

Die Prüfberichte und die dazugehörigen Nährstoff-Empfehlungen entsprechend den aktuellen Richtlinien für die sachgerechte Düngung wurden den Betrieben zugestellt. Die Untersuchungsergebnisse incl. Adresse, Betriebsnummer und Nutzung wurden von den Labors vereinbarungsgemäß für weiterführende Auswertungen der LK-OÖ in elektronischer Form zur Verfügung gestellt. Im Auftrag der LK-OÖ erfolgte die Verknüpfung der Bodendaten mit den einzelbetrieblichen INVEKOS-Daten (Betriebsgröße, Tierbesatz, Anbauflächen der Ackerkulturen,

Teilnahme an ÖPUL-Maßnahmen) durch die AGES. Alle von den Labors freigegebenen Analyseergebnisse wurden in der Auswertung für die Nutzungskategorien Ackerland bzw. Grünland berücksichtigt.

1.4 Erweiterung Landesbodenuntersuchung mit weiteren verfügbaren Bodendaten für Vergleiche der zeitlichen Entwicklung

Bei Bodendaten ist nicht nur der aktuelle Status relevant, für eine Bewertung der vorangegangenen Bewirtschaftung sind besonders die Veränderungen von Bedeutung. Da es keine Standorte mit kontinuierlicher Beprobung gibt (bei den Bodendauerbeobachtungsflächen des Landes OÖ wurde in den vergangenen 8 Jahren die erste Beprobung durchgeführt), sind nur Vergleiche mit anderen repräsentativen Datensätzen aus der Vergangenheit möglich. Dafür stehen die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur (BZI) des Landes OÖ von 1993, mit einer deutlich geringeren Probenzahl, jedoch mit einem repräsentativen Beprobungsraster, zur Verfügung. Weiters wurden Ergebnisse von Bodenuntersuchungen verfügbar gemacht, die in der Periode 1991-1995 von LK-OÖ bei der damaligen Bundesanstalt für Bodenkunde beauftragt wurden. Diese Daten stammen von der interessierten Praxis, die damals ohne finanzielle Anreize bzw. eingegangene Verpflichtungen durch ein Agrarumweltprogramm Bodenanalysen durchführen ließ. Diese Probenanzahl übertrifft bei pH-Wert und pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium die von der BZI 1993 bei weitem, bezüglich des Humusgehalts ist die Probenzahl vergleichbar. Damit stehen zwei sehr unterschiedliche Datensätze von oö. Standorten aus der Periode 1991-1995 vor Einführung des ÖPUL für Vergleichszwecke zur Verfügung.

Zusätzlich wurden weitere aktuelle Bodendaten aus der Praxis, die vom CEWE-Labor in Nußbach, OÖ., untersucht wurden und die in elektronischer Form leicht verfügbar gemacht werden konnten, in die Auswertungen einbezogen, insbesondere für die Vergleiche mit der Periode vor ÖPUL. Insgesamt konnte damit die Datenmenge um jeweils etwa 5.000 Proben aus dem Jahr 2008, 2010 und 2011 ausgeweitet werden. Von diesen Proben stehen keine weiteren betriebsbezogenen Verknüpfungen zu INVEKOS-Daten zur Verfügung, ebenso wie bei den Daten der BZI 1993 und den Praxisdaten von 1991-1995. Insgesamt gehen somit alle verfügbaren Bodendaten von oö. Acker- und Grünlandflächen aus den Perioden 1991-1995 und 2008 – 2011 in die Auswertung ein.

Nachdem von den Bodenproben der Landesbodenuntersuchung 2009 die dazugehörige Betriebsnummer vorlag, war es möglich auch die jeweiligen betriebsbezogenen INVEKOS-Daten (Betriebsgröße nach Acker- und Grünland, Kulturarten auf dem Ackerland, Viehbestand, ÖPUL-Teilnahmen auf Acker- und Grünland) den Bodendaten gegenüberzustellen. Auf einige relevante Unschärfen muss hingewiesen werden: Von dem jeweiligen Feldstück, von dem die Probe stammt, ist nicht jahresbezogen bekannt, welche schlagspezifische ÖPUL-Maßnahme (Begrünung, Mulch- und Direktsaat) stattgefunden hat. Für die Auswertungen wurde angenommen, dass die ausgewählten Schläge für den Betrieb repräsentativ sind; jeder Bodenprobe eines Betriebes wurde daher dieselben einzelbetrieblichen Durchschnittswerte (GVE/ha; Anteile der Kulturarten auf Ackerland, div. Teilnahmen an ÖPUL-Maßnahmen) zugeordnet. Durchaus relevante Standortparameter der Bodenqualität (wie z.B. Bodenart und -form), betriebsspezifische Bewirtschaftungskriterien (Ausmaß der Zukaufs an Dünger und Kraftfutter, Kalkung, Leistungsniveau der Tiere) sowie die innerhalb eines Betriebes

möglicherweise unterschiedliche Bewirtschaftung der Flächen können nicht differenziert werden.

Trotz dieser Einschränkung erreichen die Datensätze eine Informationsdichte, die bislang von österreichischen Bodendaten nicht vorlag. In der Regel ist von den Bodendaten nur die regionale Herkunft sowie die Nutzung (Acker, Grünland, Wein- oder Obstbau) bekannt, wobei von den meisten Bodenproben nur die Parameter pH-Wert und pflanzenverfügbare P und K-Gehalte untersucht wurden.

Bei den Daten der Bodenzustandsinventur war der Untersuchungsumfang (wegen der umfangreichen Schwermetallanalytik) höher, es wurden jedoch keine betriebsbezogenen Nutzungsdaten erhoben (z.B. Viehbestand, Kulturarten). Die aus der Landesbodenuntersuchung verfügbaren Daten sind daher geeignet, einen regionalen Überblick über die Bodenqualität oberösterreichischer Standorte in Abhängigkeit von der regionalspezifischen Nutzung unter Einbeziehung der flächenmäßig bedeutendsten ÖPUL-Maßnahmen zu ermöglichen. Als Bezugsjahr für die INVEKOS-Daten und beantragten ÖPUL-Maßnahmen wurde das Jahr 2009 gewählt. Für die Vergleiche zwischen konventioneller und biologischer Bewirtschaftung wurden alle Proben von Betrieben miteinbezogen, die im Jahr 2009 laut INVEKOS die „Biologische Wirtschaftsweise“ auf ihrem Betrieb praktizierten. Zusätzlich wurde auch in den INVEKOS-Daten abgefragt, welche Betriebe bereits 2001 und 2005 ihre Flächen „biologisch“ bewirtschafteten. In Tabelle 3 ist sowohl die Anzahl der Proben dargestellt, die bereits 2001 umgestellt haben als auch nach dem Zeichen „>“ die aktuelle Probenzahl vom Jahr 2009.

1.5 Statistische Auswertungsverfahren

Zur Anwendung kam das Programm IBM SPSS.Statistics 20.0. Für deskriptive Statistiken zur Ermittlung von Perzentilen (z.B. Median, Quartile), Mittelwert und Standardabweichung wurde das Verfahren „Frequencies“ herangezogen. Für die varianzanalytische Auswertung sowohl der Bodenparameter als auch der betriebsspezifischen Datensätze wurde die Prozedur „General Linear Model“ verwendet. Bei Tests zwischen nur 2 „Behandlungen“ (z.B. zw. konventioneller und biologischer Bewirtschaftung) wurde das jeweilige Signifikanzniveau dargestellt.

Bei mehr als 2 „Behandlungen“ (z.B. nach HPG, KPG oder Begrünungsanteilen) erfolgte anschließend der Test auf signifikante Differenzen mittels multipler Mittelwertvergleiche nach Student-Newman-Keuls. Dabei werden homogenen Untergruppen kreiert, die sich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht signifikant unterscheidenden. In den Tabellen wurden die Mittelwerte, die zur gleichen homogenen Untergruppen gehören, mit denselben Buchstabensymbolen (z.B. a, b, c, ...) bezeichnet. Wenn ein Mittelwert mehreren homogenen Untergruppen zugeordnet wird, stehen entsprechend mehrere Buchstaben dabei (z.B. ab).

Die Boden- und Betriebsdaten wurden nach den vorgegebenen Kriterien ausgewertet. Zu beachten ist, dass sich die Daten nicht nur hinsichtlich der Auswertungskriterien unterscheiden, sondern dass die Datensätze zumeist noch hinsichtlich weiterer relevanter Bewirtschaftungsparameter mehr oder weniger stark divergieren. Deshalb sind in den meisten Tabellen alle Boden- und Bewirtschaftungsdaten enthalten, was die Lesbarkeit und Übersichtlichkeit möglicherweise beeinträchtigt, jedoch aus Gründen der Vollständigkeit und Redlichkeit konsequent durchgezogen wird.

2 Herkunft der Bodenproben der Landesbodenuntersuchung nach Haupt- und Kleinproduktionsgebieten

Die Landesbodenuntersuchung wurde in ganz OÖ angeboten, und es nahmen auch Betriebe aus allen Landesteilen teil. Die Teilnehmerate und Umsetzung war jedoch je nach lokalen Initiativen und Interessen unterschiedlich. Insgesamt stammen die einer Region zuordenbaren Bodenproben von 3.343 Betrieben, fast 55% der teilnehmenden Betriebe liegen im Alpenvorland, gefolgt von über 40% im Mühlviertel (Tabelle 1). Die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) dieser Betriebe liegt insgesamt bei knapp 89.000 ha, das entspricht 17% der gesamten LN von OÖ. Zur Ermittlung dieser Kenngröße wurden die LN der teilnehmenden Betriebe aufsummiert und deren Anteil an der gesamten LN der Region dargestellt.

Tabelle 1: Anzahl der Betriebe und deren Landwirtschaftliche Nutzfläche (absolut u. relativ zur gesamten LN) nach Hauptproduktionsgebieten -HPG

Teilnehmende Betriebe nach Hauptproduktionsgebieten			Flächenausstattung der teilnehmenden Betriebe und im Vergleich zur LN im HPG			
Produktionsgebiet	Anzahl abs.	Anzahl rel. (%)	ha abs.	ha rel. (%)	in % der LN	Landw. Nutzfl. Im HPG
Voralpen	138	4,1	3.088	3,5	6,3	49.396
Wald- und Mühlviertel	1.378	41,1	32.231	36,2	20,9	154.397
Alpenvorland	1.827	54,5	53.516	60,1	16,8	319.237
Gesamt	3.343	100	88.835	100	17,0	523.030

Die höchste Repräsentativität wurde mit den Bodenproben der fast 1.400 Betrieben vom Mühlviertel erreicht, die 21% der LN bewirtschaften. Die über 1.800 teilnehmenden Betriebe aus dem Alpenvorland nutzen fast 17% der LN dieser Region. Deutlich geringer ist die Probenzahl aus dem HPG Voralpen, damit werden nur 6,3% der LN repräsentiert.

Die Teilnahmen der einzelnen KPG an der Landesbodenuntersuchung sind in Tabelle 2 dargestellt. Es ist klar ersichtlich, dass auch innerhalb der einzelnen HPG auf KPG-Ebene unterschiedliche Akzeptanzen vorliegen.

In den beiden KPG des Mühlviertels (Mittellagen und Hochlagen) bewirtschaften die teilnehmenden Betriebe 24 bzw. 16% der LN. Im Alpenvorland liegt diese Kenngröße zwischen 5,5% im KPG Vöcklabrucker Gebiet und etwa 20% im Grieskirchen-Kremsmünster Gebiet und im Oö. Zentralraum. Gut repräsentiert sind weiters noch die KPG Rieder Gebiet und Oberes Innviertel mit 15% der LN. Unterdurchschnittliche Teilnahmezahlen liegen in den KPG der Voralpen, dem Altheim-Obernberger und Vöcklabrucker Gebiet vor.

Im Anhang ist eine geografische Darstellung OÖ nach HPG und KPG enthalten.

Tabelle 2: Anzahl der Betriebe und deren Landwirtschaftliche Nutzfläche (absolut u. relativ zur gesamten LN) nach Kleinproduktionsgebieten -KPG

Teilnehmende Betriebe nach Kleinproduktionsgebieten			Flächenausstattung der teilnehmenden Betriebe und im Vergleich zur LN im KPG			
Produktionsgebiet	Anzahl abs.	Anzahl rel. (%)	ha abs.	ha rel. (%)	in % der LN	Landw. Nutzfl. im KPG
Äußeres Salzkammergut	24	0,7	479	0,54	3,3	14.420
Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen	114	3,4	2.608	2,93	7,5	34.976
Mittellagen des Mühlviertels	950	28,3	22.791	25,60	24,0	95.007
Hochlagen des Mühlviertels	428	12,8	9.440	10,61	15,9	59.390
Oberes Innviertel	213	6,4	5.925	6,66	15,1	39.341
Altheim-Obernberger Gebiet	43	1,3	1.534	1,72	9,2	16.644
Rieder Gebiet	353	10,5	10.987	12,34	15,7	69.880
Vöcklabrucker Gebiet	64	1,9	1.493	1,68	5,5	27.233
Grieskirchen- Kremsmünster Gebiet	643	19,2	18.330	20,59	20,6	88.793
Oberösterreichischer Zentralraum	511	15,2	15.248	17,13	19,7	77.345

Da bei allen Auswertungen zwischen Acker- und Grünlandnutzung und meist auch nach der Bewirtschaftungsform (konventionell vs. biologisch) unterschieden wird, soll in weiterer Folge die Repräsentativität der Probenzahlen nach Nutzung und nach Bewirtschaftungsweise explizit erörtert werden. In der folgenden Tabelle 3 wird ein Überblick aller in die Auswertung einbezogenen Bodenproben gegeben.

Tabelle 3: Übersicht der Bodenprobenanzahl nach HPG/KPG, Nutzung u. Bewirtschaftungsform incl. Ab- und Zunahme der Proben bei konv. u. biolog. Bewirtschaftung von 2001 - 2009

HPG bzw. KPG	Ackerland			Grünland		
	Proben gesamt	Proben konv.	Proben biolog.	Proben gesamt	Proben konv.	Proben biolog.
Voralpen	69	58	11 > 11	534	378	105 > 156
Mühlviertel	4.267	3.395	594 > 876	2.852	2.112	437 > 740
Alpenvorland	8.161	7.721	204 > 453	1.259	1.121	73 > 139
Äußeres Salzkammergut	15	13	1 > 2	54	39	7 > 15
Inner.Salzkammergut, Eisenw.	54	45	9 = 9	480	339	98 > 141
Mittellagen d. Mühlviertels	3.198	2.676	326 > 526	1.846	1.425	229 > 421
Hochlagen d. Mühlviertels	1.069	719	268 > 350	1.006	687	208 > 319
Oberes Innviertel	684	637	38 > 53	427	374	32 > 53
Altheim- Obernberger Gebiet	203	190	2 > 13	26	21	2 > 5
Rieder Gebiet	1.554	1.483	22 > 71	306	287	1 > 19
Vöcklabrucker Gebiet	210	195	13 > 15	118	110	6 > 8
Grieskirchen- Kremsmünster	3.126	2.977	77 > 156	275	248	23 > 28
Oberösterr. Zentralraum	2.384	2.239	52 > 145	107	81	9 > 26
Summe	12.497	11.157	809 > 1341	4.645	3.610	615 > 1.035

Insgesamt gelangten 1.341 Bodenproben von biologisch bewirtschafteten Ackerstandorten in die Auswertung, davon wurden bereits im Jahr 2001 809 Flächen biologisch bewirtschaftet. 532 Proben stammen von Betrieben, die zwischen 2001 – 2009 umgestellt haben. Die Zunahme der „Bioproben“ in den einzelnen HPG und KPG auf Acker- und Grünland ist aus den Zahlen in den Spalten „Proben biolog.“ von Tabelle 3 ersichtlich. Bei den Auswertungen wurde die unterschiedliche Dauer der biologischen Betriebsführung mitberücksichtigt.

2.1 Bodenproben von Ackerstandorten

Insgesamt konnten ca. 12.500 Bodenproben von Ackerstandorten untersucht und den Auswertungskategorien zugeordnet werden. Ausgehend von der gesamten oberösterreich. Ackerfläche bedeutet das, dass im Durchschnitt pro 24 ha eine Bodenprobe untersucht wurde (Tabelle 4), bezüglich der biologisch bewirtschafteten Fläche liegt diese Kenngröße bei 18 ha, bei konventionell bei 24 ha. Insgesamt 1.341 Proben stammen von Betrieben, die aktuell im Jahr 2009 als biologisch wirtschaftende Betriebe in der INVEKOS-Datenbank vorlagen. Damit sind Proben vom biologischen Landbau mit 10,7% in der Landesbodenuntersuchung nach aktuellem Bioanteil auf Ackerland in OÖ. 2008/09 mit 8,2% etwas überrepräsentiert (Tabelle 4).

532 Bodenproben stammen von nun biologisch wirtschafteten Betrieben, die in der Periode 2002 – 2009 umgestellt haben, mehr als 300 davon bis 2005. Diese exakte Differenzierung wurde gewählt, um alle Datensätze dem entsprechend in die Auswertung einbeziehen zu können. Weil seitens der erst kürzlich umgestellten Biobetriebe ein großes Interesse an der Aktion bestand (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4), wurde zuerst bei der Auswertung nach der Dauer der Bewirtschaftung unterschieden. Da sich diesbezüglich die Bodenparameter nicht wesentlich unterscheiden (siehe Kapitel 5), konnten auch die erst jüngst umgestellten Betriebe zur Gänze in die Auswertungen einbezogen werden.

Tabelle 4: Beprobungsdichte bei Ackerland nach Bewirtschaftungsform

Beprobungsdichte Ackerland	ha	in %	Anzahl Bodenproben	in %	1 Bodenprobe pro ... ha AL
Ackerland (AL) in OÖ	294.147	100,0	12.498	100,0	24
konventionell	270.030	91,8	11.157	89,3	24
biologisch	24.117	8,2	1.341	10,7	18

In den oberösterreich. HPG weist der Biolandbau auf Ackerland sehr unterschiedliche Flächenanteile aus, mit den höchsten Anteilen im Mühlviertel mit über 18%, gefolgt vom HPG Voralpen mit 9% und im Alpenvorland mit 5,4%. Mit den Bodenprobenanzahlen vom Biolandbau sind die HPG Voralpen und Mühlviertel gut repräsentiert, etwa pro 21 bzw. 13 ha Bioackerfläche liegt eine Bodenprobe vor (Tabelle 5). Weniger intensiv beprobt wurden die Ackerflächen vom Alpenvorland, von dort stehen für die Auswertungen pro 27 – 28 ha eine Probe zur Verfügung, beide Bewirtschaftungsformen sind entsprechend ihrem Flächenanteil dabei. Auf

Basis der Datendichte liegen für das Mühlviertel die günstigsten Voraussetzungen für Vergleiche zwischen biolog. und konv. Bewirtschaftung vor.

Tabelle 5: Beprobungsdichte bei Ackerland nach HPG und Bewirtschaftungsform

Hauptproduktionsgebiet	AL in ha	biolog. bewirt. AL (in %)	Proben von biolog. AL (%)	1 Bodenprobe pro ... ha biolog. AL	1 Bodenprobe pro ... ha konvent. AL
Voralpen	2.525	9,2	15,9	21	40
Mühlviertel	63.091	18,2	20,5	13	15
Alpenvorland	228.531	5,4	5,5	27	28

Bezogen auf die KPG zeigen sich geringere Bandbreiten des Bioanteils auf Ackerflächen, 8-10% in den Voralpen, 15- 25% im Mühlviertel und 4-9% im Alpenvorland. Die höchste Beprobungsdichte wurde in den Mittellagen des Mühlviertels erreicht, pro 12 ha konv. bzw. 13 ha biologisch bewirtschaftetes Ackerland wurde eine Bodenprobe gezogen. Aus Tabelle 6 ist auch ersichtlich, dass bei den KPG Äußeres Salzkammergut, Altheim-Obernberger Gebiet und Vöcklabrucker Gebiet die Datenlage für weitere Vergleiche nicht ausreichend bzw. zw. den Bewirtschaftungsformen zu unterschiedlich ist.

Tabelle 6: Beprobungsdichte bei Ackerland nach KPG und Bewirtschaftungsform

Kleinproduktionsgebiet	AL in ha	biolog. bewirt. AL (in %)	Proben von biolog. AL (%)	1 Bodenprobe pro ... ha biolog. AL	1 Bodenprobe pro ... ha konvent. AL
Äußeres Salzkammergut	1.062	10,2	13,3	54	73
Inner.Salzkammergut, Eisenw.	1.463	8,5	16,7	14	30
Mittellagen d. Mühlviertels	41.924	14,8	16,4	12	13
Hochlagen d. Mühlviertels	21.597	24,4	32,7	15	23
Oberes Innviertel	18.694	7,6	7,7	27	27
Altheim- Obernberger Gebiet	13.836	4,0	6,4	43	70
Rieder Gebiet	44.913	4,7	4,6	29	29
Vöcklabrucker Gebiet	11.119	8,8	7,1	65	52
Grieskirchen- Kremsmünster	70.081	4,8	5,0	21	22
Oberösterr. Zentralraum	69.887	5,8	6,1	28	29

2.2 Bodenproben von Grünlandstandorten

Mehr als 4.600 Bodenproben von Grünlandflächen stehen zur Verfügung, im Mittel wurde pro 49 ha Grünland eine Probe gezogen (Tabelle 7). Die Beprobungsdichte ist damit um etwa die Hälfte geringer als bei Ackerland, wo eine Probe 24 ha repräsentiert.

Bezogen auf den Bioanteil von 17% im Grünland sind die Bodenproben von Biobetrieben mit über 22% etwas überrepräsentiert. Dabei wird darauf verwiesen, dass 420 Proben von Biobetrieben stammen, die erst in der Periode 2002 – 2009 umgestellt haben. Für diese Proben und die Vorgangsweise bei der Auswertung gelten dieselben Vorgaben und Überlegungen wie bei Ackerland. Dadurch sind Bodenproben von biolog. Bewirtschaftung in der Auswertung mit mehr Daten vertreten, etwa 40% davon erst mit einer biolog. Bewirtschaftungsdauer von weniger als 7 Jahren.

Tabelle 7: Beprobungsdichte bei Grünland nach Bewirtschaftungsform

Beprobungsdichte Grünland	ha	in %	Anzahl Bodenproben	in %	1 Bodenprobe pro ... ha GL
Grünland (GL) in OÖ	228.101	100,0	4.645	100,0	49
konventionell	189.107	82,9	3.610	77,7	52
biologisch	38.994	17,1	1.035	22,3	38

In den Voralpen und im Mühlviertel ist der Anteil der Biofläche mit 20-22% etwa gleich groß, im Alpenvorland liegt der Anteil mit 10,6% bei der Hälfte. Die Probenzahlen nach Bewirtschaftung entsprechen im Alpenvorland den tatsächlichen Flächenanteilen, vor allem in den Voralpen und im Mühlviertel sind die Bioproben deutlich überrepräsentiert. Am höchsten ist die Beprobungsdichte im Mühlviertel, gefolgt vom Alpenvorland mit einer Probe pro 70 ha Grünland (Tabelle 8). Am geringsten ist die Probenzahl für das konv. Grünland in den Voralpen.

Tabelle 8 Beprobungsdichte bei Grünland nach HPG und Bewirtschaftungsform

Hauptproduktionsgebiet	GL in ha	biolog. bewirt. GL (in %)	Proben von biolog. GL (%)	1 Bodenprobe pro ... ha biolog. GL	1 Bodenprobe pro ... ha konvent. GL
Voralpen	46.864	20,0	29,2	60	99
Mühlviertel	91.206	22,0	25,9	27	34
Alpenvorland	90.031	10,6	11,0	69	72

Auf der Ebene der KPG ist in Tabelle 9 ersichtlich, dass der Bioanteil mit den ungünstigeren topografischen und klimatischen Bedingungen wie der Höhenlage zunimmt (Mittel- und Hochlagen des Mühlviertels, Inneres und Äußeres Salzkammergut). Der niedrigste Bioanteil liegt in denselben KPG wie bei den Ackerflächen (Altheim-Obernberger Gebiet u. Rieder Gebiet) vor. Wegen

unzureichender Datenlage wurde auf KPG-Ebene vom Äußeren Salzkammergut, Altheim-Obernberger Gebiet, Vöcklabrucker- und Rieder Gebiet keine Vergleichsauswertungen durchgeführt.

Tabelle 9: Beprobungsdichte bei Grünland nach KPG und Bewirtschaftungsform

Kleinproduktionsgebiet	GL in ha	biolog. bewirt. GL (in %)	Proben von biolog. GL (%)	1 Bodenprobe pro ... ha biolog. GL	1 Bodenprobe pro ... ha konvent. GL
Äußeres Salzkammergut	13.351	18,7	27,8	166	278
Inner.Salzkammergut, Eisenw.	33.513	20,6	29,4	49	78
Mittellagen d. Mühlviertels	53.443	19,9	22,8	25	30
Hochlagen d. Mühlviertels	37.763	24,8	31,7	29	41
Oberes Innviertel	20.616	13,0	12,4	51	48
Altheim- Obernberger Gebiet	2.731	7,6	19,2	41	120
Rieder Gebiet	24.920	8,3	6,2	109	80
Vöcklabrucker Gebiet	16.099	11,6	6,8	233	129
Grieskirchen- Kremsmünster	18.581	10,5	10,1	70	67
Oberösterr. Zentralraum	7.084	11,3	24,3	31	78

3 pH-Wert, Humusgehalt und pflanzenverfügbarer P- und K-Gehalt nach Hauptproduktionsgebieten auf Acker- und Grünland

Bevor Auswertungen nach Bewirtschaftungsform, Tierhaltung oder ÖPUL-Maßnahmen erfolgen, ist zu prüfen, ob und welche regionale Unterschiede bei den Bodenparametern bestehen. Denn bei Vorliegen von statistisch signifikanten Differenzen können die Datenanalysen nur entsprechend getrennt erfolgen.

Die Mittelwerte der Säuregrade liegen in allen 3 Regionen im schwach sauren Bereich (pH-Wert zw. 5,6 – 6,5). Der niedrigere Wert von 5,73 im Mühlviertel ist im Vergleich zu den anderen Regionen mit 6,13 bzw. 6,26 signifikant unterschiedlich. Die unterschiedlichen Ausgangssubstrate bei der Bodenbildung, v.a. das Kristallin der Böhmischen Masse, spiegeln sich hier wider (Tabelle 10).

Die Humusgehalte unterscheiden sich signifikant, mit dem niedrigsten Mittel im Alpenvorland von 3,27% und dem höchsten Wert in den Voralpen mit 4,87%. Die klimatischen Unterschiede, v.a. auf Grund der Höhenlage und die unterschiedlichen Kulturarten (weitere Details dazu später) sind als wesentliche Ursachen dafür anzuführen.

Tabelle 10: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten

Ackerland Parameter	HPG	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Unterggr.	Oberggr.	
pH-Wert	Voralpen	6,13	0,68	6,00	6,26	b
	Mühlviertel	5,73	0,46	5,71	5,74	a
	Alpenvorland	6,26	0,60	6,25	6,27	b
Humus in %	Voralpen	4,87	1,92	4,59	5,16	c
	Mühlviertel	3,70	1,45	3,67	3,74	b
	Alpenvorland	3,27	1,03	3,24	3,30	a
P-CAL (mg/kg)	Voralpen	55	63	48	63	ab
	Mühlviertel	48	31	47	49	a
	Alpenvorland	54	34	53	54	b
K-CAL (mg/kg)	Voralpen	180	83	160	200	a
	Mühlviertel	207	104	205	210	b
	Alpenvorland	172	73	170	174	a

Sign.: Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0,05$), es ergibt sich daher die folgende Bewertung: Die pH-Werte in den Voralpen (b) und im Alpenvorland (b) unterscheiden sich nicht signifikant, im Mühlviertel (a) ist der Säuregrad signifikant niedriger. Die Humusgehalte in den 3 HPG unterscheiden sich signifikant: a, b, c. Die P-CAL-Gehalte im Mühlviertel (a) sind signifikant niedriger als im Alpenvorland (b), die P-CAL-Gehalte in den Voralpen (ab) unterscheiden sich nicht von denen in den beiden anderen HPG. Im Mühlviertel (b) liegen signifikant höhere K-CAL-Gehalte vor.

Beim pflanzenverfügbaren P-Gehalt ist vorab zu bemerken, dass sich die Mittelwerte in den 3 Regionen im unteren Bereich der sehr breiten ausreichenden Gehaltsstufe C (47 – 111 mg P-CAL/kg Boden) befinden. Die mittleren Gehalte im Alpenvorland sind nur um 6 Einheiten höher als im Mühlviertel, wegen der hohen Probenzahlen wird diese Differenz als signifikant bewertet. Eine Ursache dafür dürfte die intensivere Bewirtschaftung im Alpenvorland sein, wo auch höhere Erträge erreicht werden. Auf Grund der geringen Probenanzahl aus dem Voralpengebiet und der höheren Streuung ist der Konfidenzbereich für diesen Mittelwert sehr breit, es ergeben sich daher im Vergleich mit den anderen Regionen keine signifikanten Unterschiede.

Die mittleren pflanzenverfügbaren K-Gehalte befinden sich im mittleren bis oberen Bereich der ausreichenden Stufe C (88 – 178 mg für leichte Böden, 113 – 212 mg für mittlere und 138 – 245 bei schweren Böden) bzw. im Mühlviertel (bei überwiegend leichter bis mittlerer Bodenart) bereits in der hohen Stufe D (179 – 291 mg bei leichter bzw. 213 – 332 mg/K bei mittlerer Bodenschwere). Der pflanzenverfügbare K-Gehalt ist auf den Mühlviertler Äckern um 27 – 35 mg/kg signifikant höher als im Alpenvorland bzw. den Voralpen. Aus dem Bodenausgangssubstrat des Kristallin im Mühlviertel wird durch chem. Verwitterung laufend vergleichsweise mehr Kalium pflanzenverfügbar als in den anderen Regionen.

Dieser kurze Überblick zeigt, dass sich auf Ackerland alle 4 Bodenparameter zwischen den Hauptproduktionsgebieten signifikant unterscheiden und eine detaillierte regionale Betrachtung erforderlich ist.

Auch auf Grünland unterscheiden sich die pH-Werte signifikant, der höchste Mittelwert liegt in den Voralpen mit 6,11 vor, was auf das häufig vorkommende kalkhaltige Ausgangssubstrat zurückzuführen ist. Im Alpenvorland wird das Grünland entsprechend den Richtlinien für die sachgerechte Düngung weniger gekalkt als das Ackerland; der pH-Wert ist um knapp 0,4 Einheiten niedriger. Der niedrigste Säuregrad ist im Mühlviertel anzutreffen (Tabelle 11), die meisten Werte liegen jedoch oberhalb der anzustrebenden pH-Mindestgehalte von 5,0 bei leichter bzw. 5,5 bei mittlerer Bodenart.

Tabelle 11: Statistik der Bodenparameter auf Grünland nach Hauptproduktionsgebieten

Grünland Parameter	HPG	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Untergr.	Obergr.	
pH in CaCl ₂	Voralpen	6,15	0,58	6,11	6,19	c
	Mühlviertel	5,59	0,38	5,58	5,61	a
	Alpenvorland	5,88	0,53	5,86	5,91	b
Humus in %	Voralpen	8,17	3,41	7,90	8,43	b
	Mühlviertel	6,15	2,76	6,04	6,27	a
	Alpenvorland	6,11	3,85	5,93	6,28	a
mg P/kg (CAL)	Voralpen	25	23	24	27	a
	Mühlviertel	34	22	33	34	b
	Alpenvorland	33	24	31	34	b
mg K/kg (CAL)	Voralpen	163	68	154	172	a
	Mühlviertel	225	122	221	229	b
	Alpenvorland	154	82	148	160	a

Die Humusgehalte sind in den Voralpen mit im Mittel 8,4% um mehr als 2% deutlich höher als in den anderen Regionen, der höhere Anteil von extensivem Grünland in den höheren Lagen kann als Ursache dafür genannt werden. Die extensivere Nutzungsintensität zeigt sich auch in den signifikant niedrigeren P-CAL-Gehalten in den Voralpen. Die pflanzenverfügbaren Phosphorgehalte sind generell als niedrig bis sehr niedrig einzustufen (sehr niedrige Stufe A < 26, niedrige Stufe B 27 -46 mg und ausreichende Stufe C von 47 – 68 mg P-CAL/Kg).

Im Mühlviertel wurden auch auf Grünland die höchsten pflanzenverfügbaren Kaliumgehalte festgestellt, der Mittelwert liegt deutlich in der hohen Gehaltsstufe D (171 – 332 mg K/kg). Die Unterschiede sind mit 60 – 70 mg K/kg deutlich größer als bei den Ackerflächen. Auch im Alpenvorland und in den Voralpen ist die K-Versorgung günstig, die Mittelwerte liegen im oberen Bereich der ausreichenden Stufe C (88 – 170 mg K/kg).

So wie auf Ackerland unterscheiden sich auch auf Grünland alle 4 Bodenparameter signifikant zwischen den 3 Hauptproduktionsgebieten. Daher wurden die Daten weiter analysiert, ob zwischen den Kleinproduktionsgebieten statistische Differenzen vorliegen.

3.1 Bodenparameter auf Ackerland nach Kleinproduktionsgebieten

Zwischen den Mittel- und Hochlagen des Mühlviertels, den am intensivsten beprobten KPG bei der Landesbodenuntersuchung, unterscheiden sich alle Bodenparameter - auch wegen der hohen Probenanzahl - signifikant. Hervorzuheben ist der über 1% höhere Humusgehalt in den Hochlagen, begründet durch den höheren Feldfutteranteil und den Wechselwiesen, die formal dem Ackerland zugeordnet werden (Tabelle 12). Weiteres tragen auch die wegen des kälteren Klimas niedrigeren Mineralisierungsraten in den Hochlagen zu den höheren Humusgehalten bei.

Tabelle 12: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland in den KPG des Mühlviertels

Ackerland Mühlviertel	HPG	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Unterggr.	Oberggr.	
pH-Wert	Mittellagen	5,75	0,47	5,74	5,77	b
	Hochlagen	5,65	0,39	5,63	5,68	a
Humus in %	Mittellagen	3,45	1,15	3,40	3,49	a
	Hochlagen	4,47	1,92	4,39	4,55	b
P-CAL (mg/kg)	Mittellagen	50	32	49	51	b
	Hochlagen	44	30	42	46	a
K-CAL (mg/kg)	Mittellagen	204	104	200	207	a
	Hochlagen	218	103	212	225	b

In den Hochlagen des Mühlviertels weisen die Ackerflächen einen um 0,1 niedrigeren Säuregrad als die Mittellagen auf, auch die P-Versorgung nach CAL ist

um 6 mg/kg signifikant geringer, während beim Kalium höhere Werte vorliegen (Tabelle 12).

In den oberösterr. KPG der Voralpen unterscheiden sich die mittleren Humusgehalte signifikant um fast 1,3%, mit den höheren Werten von über 5% Humus im Inneren Salzkammergut. Wegen der niedrigen Probenanzahl werden die Differenzen beim pH-Wert und P-CAL-Gehalt statistisch nicht unterschiedlich bewertet. Der höhere CAL-Kalium-Gehalt im Inneren Salzkammergut dürfte geogen bedingt sein (Tabelle 13).

Tabelle 13: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland in den KPG der Voralpen

Ackerland Voralpen	HPG	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Untergr.	Obergr.	
pH-Wert	Äußeres S.	6,37	0,52	6,03	6,72	a
	Inneres S.	6,06	0,71	5,88	6,25	a
Humus in %	Äußeres S.	3,85	0,92	2,90	4,81	a
	Inneres S.	5,16	2,04	4,65	5,66	b
P-CAL (mg/kg)	Äußeres S.	30	18	-2	62	a
	Inneres S.	63	69	46	79	a
K-CAL (mg/kg)	Äußeres S.	138	54	97	180	a
	Inneres S.	192	86	170	213	b

Zwischen den sechs KPG im oberösterr. Alpenvorland liegen eine Reihe signifikanter Unterschiede bei allen Bodenparametern vor. Daher werden in weiterer Folge auch KPG-bezogene Auswertungen vom Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünster und Oberösterr. Zentralraum, von denen die Probenanzahl am höchsten ist, durchgeführt.

Die mittleren pH-Werte liegen im Alpenvorland zwischen 5,6 bis 6,6, mit dem höchsten Wert im Oö. Zentralraum und dem niedrigsten im Vöcklabrucker Gebiet. Signifikant niedrigere Werte sind in den Regionen anzutreffen, wo der Grünlandanteil mit im Mittel über 40% am höchsten ist (Vöcklabruck, Oberes Innviertel), die Rinderhaltung dominiert und der Anteil an Marktfruchtbetrieben, die kalkbedürftigere Kulturen wie Raps oder Rübe anbauen, geringer ist. Signifikant höhere pH-Werte kommen in den ackerbaulich dominierten Gebieten Altheim-Obernberg, Grieskirchen-Kremsmünster und im Oö. Zentralraum vor.

Die Bandbreite der mittleren Humusgehalte liegt in einem wesentlich engeren Bereich von 3,10 – 3,55% im Vergleich zu den beiden anderen Regionen, wo - verursacht durch die zunehmende Höhenlage - die Humuswerte weit stärker differenzieren. Im Alpenvorland ist ein mäßiges West-Ost-Gefälle gegeben, mit signifikant höheren Gehalten im Oberen Innviertel und Rieder Gebiet und dem niedrigsten im Zentralraum (Tabelle 14). Drei KPG (Altheim-Obernberger Gebiet, Rieder Gebiet und Grieskirchen-Kremsmünster weisen nahezu idente mittlere Humusgehalte auf.

Bei der Phosphorversorgung sind signifikant niedrigere Gehalte im Oberen Innviertel und Vöcklabrucker Gebiet festzustellen, der Mittelwert liegt in der niedrigen Stufe B (27 – 46 mg P/kg). Das sind Regionen mit niedrigerer

Bewirtschaftungsintensität im Vergleich zum Zentralraum und Grieskirchen-Kremsmünster, wo signifikant höhere Gehalte vorliegen. Der mittlere P-Versorgungsgrad wird in den anderen vier KPG als knapp ausreichend bewertet (Stufe C von 47 – 111 mg CAL-P/kg). Überhöhte Gehalte in den hohen Stufen sind selten.

Tabelle 14: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland in den KPG des Alpenvorlandes

Ackerland Alpenvorland	Kleinproduktionsgebiet	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Unterggr.	Oberggr.	
pH-Wert	Oberes Innviertel	5,88	0,57	5,84	5,92	b
	Altheim-Obernberger G.	6,17	0,54	6,10	6,25	d
	Rieder Gebiet	6,03	0,58	6,00	6,06	c
	Vöcklabrucker Geb.	5,63	0,51	5,56	5,71	a
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	6,25	0,53	6,23	6,27	d
	Oberösterr. Zentralraum	6,60	0,52	6,57	6,62	e
Humus in %	Oberes Innviertel	3,55	1,58	3,47	3,63	c
	Altheim-Obernberger G.	3,30	0,90	3,16	3,44	a, b
	Rieder Gebiet	3,37	0,94	3,32	3,42	b, c
	Vöcklabrucker Geb.	3,13	1,09	2,99	3,27	a
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	3,30	0,96	3,26	3,33	a, b
	Oberösterr. Zentralraum	3,10	0,96	3,06	3,14	a
P-CAL (mg/kg)	Oberes Innviertel	41	29	39	44	a
	Altheim-Obernberger G.	51	35	46	56	b, c
	Rieder Gebiet	49	33	47	51	b
	Vöcklabrucker Geb.	41	23	36	45	a
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	57	33	56	59	c
	Oberösterr. Zentralraum	57	34	55	58	c
K-CAL (mg/kg)	Oberes Innviertel	117	58	112	123	a
	Altheim-Obernberger G.	153	63	144	163	b
	Rieder Gebiet	154	63	151	158	b
	Vöcklabrucker Geb.	173	74	164	183	c
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	188	72	185	190	c
	Oberösterr. Zentralraum	179	77	176	182	c

Die mittlere K-Versorgung ist im Oberen Innviertel mit dem signifikant niedrigsten Wert von 117 mg/kg noch in der ausreichenden Stufe C (113 – 212 mg K/kg). In den übrigen Regionen sind die Gehalte signifikant höher, insbesondere in Grieskirchen-Kremsmünster u. im Zentralraum (Tabelle 14).

3.2 Bodenparameter auf Grünland nach Kleinproduktionsgebieten

Im Mühlviertel liegen die mittleren pH-Werte an der Grenze zwischen dem schwach sauren und dem sauren Bereich um 5,6. Basierend auf knapp 3.000 Daten wird der geringe Unterschied zwischen den Hoch- und Mittellagen als signifikant bewertet (Tabelle 15). Der Säuregrad der Böden liegt zumeist innerhalb des

anzustrebenden pH-Bereichs von mindestens 5,0 für leichte und 5,5 für mittlere Böden.

Deutlich höher ist mit 1,43% der Humusgehalt auf den Grünlandflächen in den Hochlagen verglichen mit den Mittellagen. Die ausgehend von der Höhenlage geringere Schnitthäufigkeit und kühlere Witterung dürften zu diesem markanten Unterschied beitragen. Hinsichtlich der Nährstoffversorgung sind die P-Gehalte im Mittel als niedrig (Stufe B 27 – 46 mg P/kg) einzustufen, die K-Gehalte als hoch (Stufe D 171 – 332 mg K/kg). Der höhere K-Wert in den Hochlagen liegt knapp über der Signifikanzschwelle.

Tabelle 15: Statistik der Bodenparameter auf Grünland in den KPG des Mühlviertels

Grünland Mühlviertel	HPG	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Unterggr.	Oberggr.	
pH-Wert	Mittellagen	5,62	0,39	5,60	5,63	b
	Hochlagen	5,55	0,36	5,53	5,57	a
Humus in %	Mittellagen	5,65	1,84	5,53	5,78	a
	Hochlagen	7,08	3,75	6,91	7,24	b
P-CAL (mg/kg)	Mittellagen	34	21	33	35	a
	Hochlagen	34	22	32	35	a
K-CAL (mg/kg)	Mittellagen	220	121	214	225	a
	Hochlagen	233	121	226	241	b

In den Voralpen besteht beim pH-Wert und der P- und K-Versorgung kein Unterschied: Ausgehend vom Ausgangssubstrat in den Kalkalpen liegen die Säuregrade deutlich über den anzustrebenden Mindestwerten. Die durchschnittlichen P-Gehalte sind an der Grenze zwischen der sehr niedrigen Stufe A (< 26 mg P/kg) und der niedrigen Stufe B (26 – 46 mg P/kg). Die K-Versorgung ist ausreichend (Stufe C 88 – 170 mg K/kg), die Mittelwerte liegen nur knapp unterhalb der hohen Stufe D ab 170 mg CAL-K/kg (Tabelle 16).

Tabelle 16: Statistik der Bodenparameter auf Grünland in den KPG der Voralpen

Grünland Voralpen	HPG	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Unterggr.	Oberggr.	
pH-Wert	Äußeres S.	6,13	0,53	5,98	6,29	a
	Inneres S.	6,15	0,58	6,10	6,21	a
Humus in %	Äußeres S.	6,86	2,06	5,96	7,77	a
	Inneres S.	8,31	3,50	8,01	8,62	b
P-CAL (mg/kg)	Äußeres S.	24	9	18	30	a
	Inneres S.	26	24	24	28	a
K-CAL (mg/kg)	Äußeres S.	156	60	138	174	a
	Inneres S.	164	68	158	170	a

Der Humusgehalt ist im Inneren Salzkammergut-Eisenwurzen mit 8,62% um 1,45% signifikant höher als im KPG Äußeres Salzkammergut (Tabelle 16), das in einem Übergangsbereich zwischen dem Alpenvorland und den Alpen situiert ist und nicht so tief in die Alpen hineinreicht wie das Innere Salzkammergut. Die Ursache für die ansteigenden Humuswerte bezüglich Nutzungsintensität und Höhenlage wurde bereits oben genannt.

Im Alpenvorland sind bei den pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kalium-Gehalten keine signifikanten Unterschiede feststellbar, abgesehen von dem niedrigeren K-Wert im Altheim-Obernberger Gebiet (Tabelle 17), der auch auf der geringsten Beprobungsdichte basieren dürfte (siehe Tabelle 9). Die P-Versorgung liegt im Mittel im unteren bis mittleren Bereich der niedrigen Stufe B (26 -46 mg P/kg), die K-Versorgung im oberen Bereich der ausreichenden Stufe C (88 – 170 mg K/kg), nur im Vöcklabrucker Gebiet knapp darüber in der hohen Stufe D.

Tabelle 17: Statistik der Bodenparameter auf Grünland in den KPG des Alpenvorlandes

Grünland Alpenvorland	Kleinproduktionsgebiet	Mittel	s	95% Konfidenzbereich		Sign.
				Untergr.	Obergr.	
pH-Wert	Oberes Innviertel	5,94	0,56	5,89	5,99	b
	Altheim-Obernberger G.	5,90	0,42	5,71	6,10	b
	Rieder Gebiet	5,76	0,47	5,71	5,82	a, b
	Vöcklabrucker Geb.	5,57	0,35	5,48	5,66	a
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	5,93	0,52	5,87	5,99	b
	Oberösterr. Zentralraum	6,20	0,51	6,10	6,30	c
Humus in %	Oberes Innviertel	7,45	5,90	7,10	7,81	c
	Altheim-Obernberger G.	4,01	0,73	2,58	5,44	a
	Rieder Gebiet	5,34	1,54	4,92	5,76	a, b
	Vöcklabrucker Geb.	6,07	2,23	5,40	6,74	b, c
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	5,73	1,80	5,29	6,17	a, b, c
	Oberösterr. Zentralraum	4,45	1,44	3,75	5,16	a, b
P-CAL (mg/kg)	Oberes Innviertel	32	16	30	34	a
	Altheim-Obernberger G.	27	12	18	37	a
	Rieder Gebiet	36	36	34	39	a
	Vöcklabrucker Geb.	28	15	23	32	a
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	32	18	29	35	a
	Oberösterr. Zentralraum	32	28	28	37	a
K-CAL (mg/kg)	Oberes Innviertel	152	81	144	159	b
	Altheim-Obernberger G.	97	50	65	128	a
	Rieder Gebiet	161	84	152	170	b
	Vöcklabrucker Geb.	174	98	159	188	b
	Grieskirchen-Kremsmünster G.	155	74	145	164	b
	Oberösterr. Zentralraum	135	74	119	150	a, b

Die pH-Werte umspannen einen Bereich von 5,6 bis 6,2. Signifikante Unterschiede bestehen zwischen dem Vöcklabrucker Gebiet (niedrigster Wert) und dem Zentralraum (höchster Wert), die anderen Gebiete liegen in einem engen Bereich von 0,2 pH-Einheiten dazwischen.

Größere Differenzen liegen bei den Humusgehalten von 4,01 bis 7,45% vor, wegen der hohen Streuung sind jedoch nur wenige signifikant: Eine homogene Gruppe mit den niedrigeren Werten umfasst die KPG Altheim-Obernberger Geb., Zentralraum und Rieder Gebiet, die Gruppe mit den höheren Werten die KPG Oberes Innviertel und Vöcklabrucker Gebiet.

3.3 Diskussion zur großen regionalen und standörtlichen Streuung der Bodenparameter

In Abhängigkeit von der Bodenart werden unterschiedliche Optimalbereiche für eine Reihe von Bodenparametern festgelegt. In den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (2006) sind für leichtere Böden niedrigere pH-Werte, niedrigere Humusgehalte und niedrigere pflanzenverfügbare K-Gehalte als ausreichend definiert. Auf die große Bedeutung der Bodenart für den Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden und die davon abhängigen unterschiedlichen Veränderungsraten wird häufig verwiesen, u.a. von Leifeld et al. (2009).

Von einem umfangreicheren Datensatz des Bodengesundheitsdienstes GmbH (Ebertseder et al. 2010) im Vergleich zur OÖ. Landesbodenuntersuchung standen für eine Auswertung zur Ableitung von Einflussfaktoren auf den Humusgehalt über 42.000 Datensätze von den süd- und mitteldeutschen Rübenanbaugebieten zur Verfügung. Mittels Varianzkomponentenschätzung erwies sich als der bedeutendste Einflussfaktor auf die Humusgehalte der Mineralböden die Bodenart mit einem Varianzanteil von 32,4%, gefolgt von der Höhenlage mit 5,8%. Dabei ergab der Mittelwertvergleich einen signifikanten Einfluss der Höhenlage auf den Humusgehalt ab 400 m aufwärts: Bis zur Höhenlage von 400 m liegen die Humusgehalte um 2,10%, in der Höhenstufe von 400 – 500 m bei 2,28%, über 500 m bei 2,39%. Dies dürfte auf eine stärkere Ausprägung klimatischer Unterschiede, wie Sommermitteltemperatur und Summe der Winterniederschläge, insbesondere in den höher gelegenen Regionen zurückzuführen sein. Die bei Ebertseder et al. (2010) erwähnten Humusgehalte und –unterschiede je nach Höhenlage sind deutlich geringer als die in OÖ. gefundenen Gehalte. Eine Erklärung dafür ist, dass in dem süddeutschen Datensatz nur Ergebnisse von Betriebsflächen enthalten sind, die für den Zuckerrübenanbau relevant und klimatisch geeignet sind.

Die unterschiedlichen Klimaverhältnisse in den Höhenstufen sind der hauptsächliche Grund für die differierende landwirtschaftliche Bodennutzung und Bewirtschaftung, indem sich in den letzten Jahrzehnten aufgrund eindeutiger Spezialisierungstendenzen in den Gunstlagen eher der viehlose Ackerbaubetrieb oder Betriebe mit Schweinehaltung, in den höheren Lagen Betriebe mit Rinderhaltung und mit einem gewissen Anteil an Feldfutterbau auf den Ackerflächen entwickelten.

Die Beständigkeit und Lebensdauer der organischen Substanz im Boden wird als ein Merkmal des jeweiligen Ökosystems angesehen. Eine große Schwäche aktueller Humusmodellierungen ist das Fehlen einer repräsentativen bodenbedingter Standortcharakteristik und die Tatsache, dass die wesentlichsten Kohlenstoff-Stabilisierungsprozesse in Abhängigkeit vom Bodentyp und der topografischen Lage sehr stark variieren (Schmidt et al. 2011). Vor allem das Modell von Kolbe (2007) versucht durch eine zusätzliche Bewertung von Standorttypen diesen genannten Umständen Rechnung zu tragen.

Grünlandböden haben einen höheren organischen C-Gehalt im A-Horizont im Vergleich zu ackerbaulich genutzten Böden. Die lebenden und abgestorbenen Wurzeln sind dabei von allergrößter Bedeutung. Die Humus-Akkumulation im A-Horizont ist vor allem das Resultat der hohen unterirdischen Biomasse, die in den obersten 10 cm des Bodens konzentriert ist (Bohner 2012).

In Grünlandböden sind vor allem die Feuchteverhältnisse für den Humusgehalt und die C-Pools von zentraler Bedeutung. In aller Regel weisen feuchtere Standorte höhere Humusgehalte auf, und sandige Standorte haben niedrigere Werte als tonreichere Grünlandböden unter vergleichbaren Bedingungen (Bohner 2012).

Die Bodentemperatur und die Bodenfeuchte kontrollieren die Bodenatmung und beeinflussen somit direkt den Abbau der organischen Stoffe in Grünlandböden. Höhere Bodentemperaturen zwischen 4 bis 18°C im Sommerhalbjahr erhöhen die mikrobielle Aktivität exponentiell. Zwischen Bodenatmung und Bodenwassergehalt besteht eine bimodale Beziehung: Unter trockenen Bedingungen ist die Bodenatmung stark eingeschränkt; bei einer Bodenfeuchte, bei der etwa 56% des Porenvolumens mit Wasser gefüllt sind, liegen optimale Verhältnisse für die Bodenmikrobiologie vor; bei feuchteren Bedingungen geht die Bodenatmung wieder deutlich zurück (Jones et al. 2006). Für die sehr unterschiedlichen Humusgehalte des oö. Grünlandes zwischen im Mittel 4% bis über 8% dürften diese genannten Ursachen, die sich vor allem mit der Höhenlage grundlegend ändern, hauptverantwortlich sein.

Die Bedeutung einer regionalen Betrachtungsweise des Bodenparameters Humusgehalt sowohl für Acker- und Grünland wird durch die oö. Bodendaten bestätigt. Aber auch hinsichtlich der Kaliumversorgung und des Säuregrades führen nur regionale Auswertungen zu plausiblen Erklärungen, wegen des großen Einflusses des bodenbildenden Ausgangssubstrates. Nur hinsichtlich der Phosphorversorgung dürfte der Einfluss der Bewirtschaftung überwiegen: Die allermeisten Standorte waren vor der Ausbringung von Mineraldüngern niedrig bis sehr niedrig versorgt, nur für Ackerstandorte, vor allem mit spezifischer Bewirtschaftung (Marktfruchtbetriebe, intensivere Schweine- bzw. Geflügelhaltung), liegen aktuell mittlere höhere pflanzenverfügbare P-Gehalte vor (siehe Kapitel 4).

4 Einfluss der Tierhaltung auf die Bodenparameter

Über die Betriebsnummer wurde der aktuelle Tierbesatz nach den 4 Tierkategorien Rinder, Schweine, Geflügel und Pferde/Ziegen/Schafe aus den INVEKOS-Daten 2009 ausgelesen. Die Betriebe wurden entsprechend dem Tierbestand in GVE-Klassen mit einer Spanne von 0,5 GVE-unterteilt und die Auswertungen auf regionaler Basis auf Ebene der HPG durchgeführt. Bei genügend großen Datensätzen konnte die Auswertung auch auf KPG-Ebene erfolgen. Zur weiteren Unterscheidung hinsichtlich der Tierhaltung wurden die Betriebe mit überwiegender Schweine-, Rinder- bzw. Geflügelhaltung getrennt ausgewertet, wobei als Kriterium ein jeweils über 66,7%iger Schweine- bzw. Rinderanteil und ein über 50%iger Geflügelanteil an den betrieblichen Gesamt-GVE herangezogen wurde. In die Klasse ohne bzw. nur mit geringer Tierhaltung bis 0,25 GVE/ha LN des Betriebes wurden alle vorliegenden Proben einbezogen, d.h. es erfolgte keine Unterscheidung nach Tierkategorien. Mit dieser Vorgehensweise blieben möglichst viele Datensätze in der Auswertung berücksichtigt.

4.1 Tierhaltung und Säuregrad des Bodens

Im HPG Alpenvorland liegen signifikant niedrigere pH-Werte mit zunehmender Intensität der Tierhaltung vor. Dazu tragen relevant die Proben aus dem Zentralraum mit den höchsten pH-Werten und mit dem höchsten Anteil von Betrieben mit keiner oder nur sehr geringer Tierhaltung bei. Weiters kann man davon ausgehen, dass die Betriebe ohne Tierhaltung mit einem höheren Winterkörnerraps- und Zuckerrübenanteil durch gezielte Kalkgaben auf optimale pH-Werte für dieses Kulturen achten. Im Mühlviertel ist kein entsprechender Trend in Abhängigkeit vom GVE-Besatz erkennbar, bei den Proben aus den Voralpen gibt es keine ausreichende Datensätze bei den GVE-Klassen für eine Interpretation (Tabelle 18).

Tabelle 18: Tierhaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebiet

Ackerland	Alpenvorland (c)			Mühlviertel (a)			Voralpen (b)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE-Klassen									
GVE bis 0,25	6,47 e	0,61	1823	5,82 ab	0,59	247	6,15	0,54	4
GVE 0,25 - 0,75	6,30 c	0,61	652	5,83 ab	0,52	268	6,45	0,07	2
GVE 0,75 - 1,25	6,24 b	0,59	1462	5,72 a	0,44	1525	5,64	0,83	19
GVE 1,25 - 1,75	6,12 a	0,58	2499	5,71 a	0,44	1672	6,44	0,50	31
GVE 1,75 - 2,25	6,19 b	0,56	1222	5,70 a	0,43	526	6,03	0,55	12
GVE über 2,25	6,39 d	0,45	503	5,87 b	0,40	29	6,60	.	1
Gesamt	6,26	0,60	8161	5,73	0,46	4267	6,13	0,68	69

Voralpen: Multiple Mittelwertsvergleich nach Student-Newman-Keuls nicht durchgeführt, weil zumindest eine Gruppe weniger als 2 Einzelwerte aufweist und wegen zu geringer Probenanzahl.

Werden nur die Betriebe mit überwiegender Schweinehaltung einbezogen und den Betrieben ohne relevante Tierhaltung (bis 0,25 GVE/ha) gegenübergestellt, zeigt sich ebenfalls noch eine signifikante Verminderung der pH-Werte mit steigendem

Tierbesatz, das Ausmaß ist mit 0,1-pH-Einheiten gering, wegen der hohen Probenzahlen noch signifikant (Tabelle 19, Alpenvorland). Die Spalten für das Mühlviertel und die Voralpen zeigen an Hand der Probenzahlen, dass die Spezialisierung auf Schweinehaltung dort Ausnahmefälle repräsentieren. Für das Mühlviertel werden keine signifikanten Unterschiede. Für das HPG wurde keine Bewertung vorgenommen, die Ergebnisse sind zur Information dargestellt.

Tabelle 19: Schweinehaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten

Ackerland - Schweinehaltung	Alpenvorland (b)			Mühlviertel (a)			Voralpen (b)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	6,47 b	0,61	1823	5,82 a	0,59	247	6,15	0,54	4
GVE 0,25 - 0,75	6,43 ab	0,60	223	6,18 a	0,43	18			
GVE 0,75 - 1,25	6,37 a	0,55	580	5,85 a	0,54	30			
GVE 1,25 - 1,75	6,37 a	0,47	1032	6,11 a	0,37	12			
GVE 1,75 - 2,25	6,38 a	0,50	741	5,84 a	0,48	35	6,38	0,55	5
GVE über 2,25	6,40 ab	0,43	458	6,19 a	0,41	5			
Gesamt	6,41	0,54	4857	5,88	0,57	347	6,28	0,53	9

Bei den pH-Werten der Bodenproben von den überwiegend Rinder haltenden Betrieben des Alpenvorlandes im Vergleich zu denen ohne relevante Tierhaltung ist derselbe signifikante Effekt von sinkenden pH-Werten mit steigendem Tierbestand ersichtlich, die Differenz beträgt mehr als 0,5 pH-Einheiten (Tabelle 20). Dieser Effekt wird zusätzlich von den unterschiedlichen naturräumlichen KPG mit verursacht (siehe Tabelle 14). Es ist dennoch ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass sich die Säuregrade der Ackerflächen der Betriebe mit intensiverer Rinderhaltung im Mittel bereits unterhalb des anzustrebenden pH-Wertes von 6,0 für mittlere Böden befinden, die im Alpenvorland überwiegend vorkommen. Im Mühlviertel liegt kein Einfluss der Intensität der Tierhaltung auf die pH-Werte vor, im Mittel liegen die Säuregrade oberhalb des anzustrebenden pH-Wertes von 5,5 für leichte Böden, die dort häufig vorkommen.

Tabelle 20: Rinderhaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten

Ackerland - Rinderhaltung	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (a)			Voralpen (b)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	6,47 d	0,61	1823	5,82 a	0,59	247	6,15	0,54	4
GVE 0,25 - 0,75	6,16 c	0,56	267	5,74 a	0,47	205	6,45	0,07	2
GVE 0,75 - 1,25	6,10 c	0,60	764	5,71 a	0,44	1450	6,11	0,60	12
GVE 1,25 - 1,75	5,93 ab	0,60	1241	5,71 a	0,44	1616	6,42	0,53	27
GVE 1,75 - 2,25	5,90 a	0,54	405	5,69 a	0,43	472	5,79	0,43	7
GVE über 2,25	6,07 bc	0,66	28	5,86 a	0,36	21	6,60	.	1
Gesamt	6,14	0,63	4528	5,72	0,45	4011	6,25	0,56	53

Im Alpenvorland ist das Vorkommen von Ackerflächen mit schwerer (anzustrebender Mindest pH-Wert von 6,5) bzw. mittlerer Bodenart (pH mindestens

bei 6,0) nicht selten, sodass davon ausgegangen werden kann, dass ein Viertel der Flächen einen Aufkalkungsbedarf aufweist. Auf den eher leichten Granit- und Gneis-Verwitterungsböden (sandige Felsbraunerden) wird ein pH von 5,5 angestrebt, sodass auch hier ein Kalkbedarf auf etwa 20% der Flächen identifiziert werden kann. In der vorangegangenen Studie zu OÖ (AGES 2010) wurden vergleichbare Prozentsätze von Flächen für Aufkalkung ermittelt.

Auch die Ackerflächen der überwiegend Geflügel haltenden Betriebe im Alpenvorland weisen um etwa 0,25 pH-Einheiten niedrigere Werte auf, wegen der viel geringeren Probenzahlen wird diese Differenz jedoch nicht als signifikant bewertet. (Tabelle 21).

Tabelle 21: Geflügelhaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten

Ackerland - Geflügelhaltung	alle Daten			Alpenvorland			Mühlviertel		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE-Klassen									
GVE bis 0,25	6,39 b	0,64	2074	6,47 a	0,61	1823	5,82 ab	0,59	247
GVE 0,25 - 0,75	6,31 ab	0,62	215	6,38 a	0,62	159	6,09 b	0,60	54
GVE 0,75 - 1,25	6,04 a	0,61	323	6,32 a	0,61	154	5,79 ab	0,51	169
GVE 1,25 - 1,75	6,13 ab	0,57	191	6,21 a	0,56	141	5,84 ab	0,52	46
GVE 1,75 - 2,25	6,15 ab	0,43	47	6,19 a	0,36	35	6,02 ab	0,59	12
GVE über 2,25	6,13 ab	0,62	19	6,26 a	0,59	16	5,43 a	0,21	3
Gesamt	6,32	0,64	2869	6,43	0,61	2328	5,84	0,56	531

Insgesamt weisen die Daten der Ackerflächen darauf hin, dass das Ziel der Aufrechterhaltung des anzustrebenden pH-Wertes mit zunehmender Intensität der Tierhaltung weniger konsequent erfolgt.

Dieselbe Auswertung wurde auch für Grünland vorgenommen, wobei aus Tabelle 22 aus den Probenzahlen erkennbar ist, dass eine Grünlandbewirtschaftung fast immer mit einem Rinder-GVE-Bestand von mindestens 0,75 GVE/ha LN verbunden ist. Nur bei etwa 5% der Proben ist der GVE-Besatz niedriger, diese Bezugsbasis ist daher als nicht ausreichend repräsentativ zu werten. Besonderes Augenmerk ist daher auf die mittleren und hohen GVE-Klassen von 0,75 – 2,25 GVE/ha mit den höchsten Probenzahlen zu legen. Im Alpenvorland und Mühlviertel liegen die Mittelwerte dieser 3 GVE-Klassen innerhalb von 0,1 pH-Einheiten, die Unterschiede sind nicht signifikant. Es besteht daher kein Zusammenhang des Säuregrades mit der Höhe des GVE-Bestandes auf Grünland.

Tabelle 22: Tierhaltung und pH-Wert auf Grünland nach Hauptproduktionsgebieten

Grünland	alle Daten			Alpenvorland (b)			Mühlviertel (a)			Voralpen (c)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	5,79 a	0,62	83	6,11 b	0,54	28	5,62 a	0,59	55	-	-	-
GVE 0,25 - 0,75	5,67 a	0,54	186	6,09 b	0,55	25	5,46 a	0,38	131	6,25 a	0,51	30
GVE 0,75 - 1,25	5,71 a	0,49	1686	5,90 ab	0,53	296	5,58 a	0,38	1121	6,05 a	0,60	269
GVE 1,25 - 1,75	5,76 a	0,50	2038	5,89 ab	0,55	665	5,61 a	0,38	1191	6,29 a	0,56	182
GVE 1,75 - 2,25	5,74 a	0,43	612	5,81 ab	0,44	225	5,63 a	0,36	337	6,15 a	0,46	50
GVE über 2,25	5,66 a	0,39	40	5,71 a	0,41	20	5,55 a	0,32	17	5,90 a	0,66	3
Gesamt	5,74	0,49	4645	5,88	0,53	1259	5,59	0,38	2852	6,15	0,58	534

Die anzustrebenden Mindest-pH-Werte sind laut den aktuellen Richtlinien auf Grünland um 0,5 Einheiten niedriger als auf Ackerland (5,0 bei leichter, 5,5 bei mittlerer und 6,0 bei schwerer Bodenart). Der Anteil von Grünlandflächen mit akutem Aufkalkungsbedarf dürfte daher etwas niedriger sein (unter 20%) als bei den Ackerflächen (AGES 2010). Wegen der hohen Auswaschung von basisch wirkenden Kationen in den niederschlagsreicheren Grünlandgebieten verdient die Kalkung vor allem im Alpenvorland und Mühlviertel laufend Aufmerksamkeit.

4.2 Tierhaltung und Humusgehalt des Bodens

In allen Humusbilanzierungsmodellen wird die Ausbringung von organischen Düngern bewertet und diese tragen mehr oder weniger deutlich zu einem positiven Saldo bei. Es wird dabei zwischen den flüssigen und festen organischen Düngerformen unterschieden, wie Jauche, Gülle, Stallmist und Kompost. Besonders Stallmist und Kompost werden in den Modellen mit günstigen Faktoren versehen und tragen demnach markant zum Humusaufbau bei (VDLUFA 2004, Kolbe 2006).

Bei der verfügbaren Datenlage der Landesbodenuntersuchung ist der einzelbetriebliche GVE-Bestand und die Landwirtschaftliche Nutzfläche nach Grün- und Ackerland sowie die Tierkategorie bekannt, nicht jedoch das konkrete Wirtschaftsdüngersystem (Flüssig- oder Festmist) und auch nicht die Spezialisierung innerhalb der Rinder- (Milchproduktion oder Stiermast) und der Schweinehaltung (Zucht- oder Mastbetrieb). Einige allgemeine Abschätzungen und Erhebungen dazu können jedoch herangezogen werden: Bei der Schweine- und in der Rindermast dominiert das Güllesystem, in den Schweinezuchtbetrieben und bei Milchviehhaltung haben beide Systeme Bedeutung.

In der folgenden Tabelle 23 ist aus den Probenzahlen ersichtlich, dass im Alpenvorland etwa 22% der Proben (1823 von 8161) von Betrieben ohne bzw. mit nur sehr geringer Tierhaltung (bis 0,25 GVE/ha) stammen, im Mühlviertel liegt dieser Anteil bei knapp 6%. Die Probenanzahl zu den einzelnen GVE-Klassen ist erwartungsgemäß teilweise sehr unterschiedlich, vor allem im niedrigen (0,25 – 0,75

GVE/ha) und im sehr hohen GVE-Bereich (über 2,5) ist die Probenzahl wesentlich geringer als in den mittleren GVE-Klassen.

Im Alpenvorland ist die Zunahme des Humusgehaltes mit steigendem GVE-Bestand deutlich geringer (von 3,17 auf 3,36) als im Mühlviertel (von 3,28 auf 3,83). Die Zunahmen sind in beiden Regionen signifikant. Es wird in beiden Regionen bei etwa 1 – 1,5 GVE/ha ein Höchstniveau erreicht, das dann wieder abnimmt, besonders stark im Alpenvorland (Tabelle 23). Als mögliche Begründung für diesen rückläufigen Trend beim Humusgehalt mit steigender GVE-Intensität ist anzuführen, dass sich auch die Kulturartenverteilung auf den Ackerflächen verschiebt, vor allem hin zum Maisanbau in Form von CCM bzw. Silomais. Um die Ursachen für diese Effekte umfassender zu ermitteln, wurden in weiterer Folge Auswertungen für die Schweine bzw. Rinder haltenden Betriebe getrennt vorgenommen. Die Daten von den Voralpen lassen auf Grund der geringen Anzahl keine Trends erkennen.

Tabelle 23: GVE-Bestand und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG

Ackerland	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (b)			Voralpen (c)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	3,17 ab	0,98	1823	3,28 a	1,17	247	6,95	2,73	4
GVE 0,25 - 0,75	3,28 bc	0,99	652	3,71 ab	1,64	268	3,90	0,28	2
GVE 0,75 - 1,25	3,26 bc	1,19	1462	3,83 b	1,64	1525	4,74	2,49	19
GVE 1,25 - 1,75	3,33 c	1,03	2499	3,68 ab	1,37	1672	5,06	1,66	31
GVE 1,75 - 2,25	3,36 c	1,02	1222	3,62 ab	1,11	526	4,14	0,80	12
GVE über 2,25	3,14 a	0,73	503	3,46 ab	0,82	29	4,30	.	1
Gesamt	3,27	1,03	8161	3,70	1,45	4267	4,88	1,92	69

In der folgenden Tabelle 24 bezüglich der Schweine haltenden Betriebe sind die das Alpenvorland betreffenden Spalten wegen der hohen Probenzahlen die wesentlichen: Nur bis zu einem GVE-Bestand von 0,25 bis 0,75 GVE/ha gibt es eine signifikante Zunahme des Humusgehaltes um 0,23%. Bei einem höheren GVE-Bestand treten sowohl geringe Zu- und Abnahmen im Vergleich zum Basiswert von 3,17% Humus auf, die jedoch nicht signifikant sind.

Tabelle 24: GVE-Bestand mit überwiegender Schweinehaltung und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Schweinehaltung	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (a)			Voralpen (b)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	3,17 ab	0,98	1823	3,28 a	1,17	247	6,95	2,73	4
GVE 0,25 - 0,75	3,40 d	1,04	223	4,54 b	1,26	18			
GVE 0,75 - 1,25	3,09 a	0,85	580	2,91 a	0,66	30			
GVE 1,25 - 1,75	3,24 b	0,96	1032	3,24 a	0,65	12			
GVE 1,75 - 2,25	3,30 bc	0,90	741	3,42 a	0,73	35	4,16	0,99	5
GVE über 2,25	3,11 a	0,71	458	3,12 a	0,43	5			
Gesamt	3,22	0,92	4857	3,27	1,01	347	5,40	2,33	9

Hervorzuheben sind zwei mögliche Effekte: Wegen der geänderten Fruchtfolge hin zu Mais führen die erhöhten organischen Düngergaben zu keiner weiteren Humusanreicherung und die überwiegende Düngung mit Gülle trägt wegen des nur geringen Gehalts an organischer Substanz bzw. des niedrigen Reproduktionskoeffizienten des organischen Materials (von 2,2 bis 8 kg C/m³ Gülle) im Vergleich zu Festmist (25 – 40 kg C/ t frischen Stallmist) nicht signifikant zu einer Humusanreicherung bei.

Als Ergebnis im Alpenvorland ist festzuhalten, dass bei Schweinehaltung nur eine geringe, meist nicht signifikante Humusanreicherung (+0,07% bis + 0,23% höherer Humusgehalt) im Vergleich zu den Betrieben ohne Tierhaltung gegeben ist. Diese Zunahme kann jedoch nicht generell veranschlagt werden kann, weil auch niedrigere Humusgehalte mit Schweinehaltung festgestellt wurden (bei GVE um 1/ha und über 2,25/ha). Zur weiteren Abklärung wurden von drei KPG mit den höchsten Probenzahlen dieselben Auswertungsverfahren durchgeführt, um mögliche regionale Effekte der KPG auszuschalten. Denn die drei KPG Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünster und Zentralraum weisen etwas unterschiedliche mittlere Humuswerte von 3,37 bis 3,11% auf (siehe Tabelle 25, letzte Zeile).

Im Rieder Gebiet erreicht nur die höchste GVE-Klasse (über 2,25 GVE/ha) einen um 0,25% höheren (nicht signifikanten) Wert im Vergleich zur Referenz ohne Tierhaltung. In den beiden anderen KPG wird nur in der Klasse um 0,5 GVE/ha ein um 0,26% höherer (signifikant in Grieskirchen-Kremsmünster) bzw. 0,23% höheren Humusgehalt (nicht signifikant im Zentralraum) ermittelt. Alle anderen Mittelwerte der übrigen GVE-Klassen liegen im Bereich der Betriebe ohne Tierhaltung, teilweise sogar darunter. Im Grieskirchner-Kremsmünster Gebiet, der Region mit den höchsten Probenzahlen, weisen die Proben der Betriebe mit intensiver Schweinehaltung von 1,5 bis 2 GVE/ha um 0,15 bis 0,20% höhere Humusgehalte als die Ackerflächen der Betriebe ohne Tierhaltung auf.

Tabelle 25: GVE-Bestand mit überwiegender Schweinehaltung und Humusgehalt auf Ackerland in den KPG Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünster und Zentralraum

Ackerland - Schweinehaltung	Rieder Gebiet			Grieskirchen- Kremsmünster			Oberöstr. Zentralraum		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	3,42 ab	1,19	210	3,19 ab	0,82	553	3,09 ab	0,95	919
GVE 0,25 - 0,75	3,38 ab	0,55	47	3,45 c	0,94	63	3,32 b	1,19	98
GVE 0,75 - 1,25	3,13 a	0,94	80	3,04 a	0,77	318	3,15 ab	0,97	159
GVE 1,25 - 1,75	3,29 ab	0,79	117	3,34 bc	0,94	542	3,12 ab	1,04	322
GVE 1,75 - 2,25	3,39 ab	0,95	73	3,39 c	0,89	436	3,11 ab	0,85	220
GVE über 2,25	3,67 b	0,80	64	3,07 a	0,64	235	2,90 a	0,57	151
Gesamt	3,37	0,98	591	3,26	0,86	2147	3,10	0,95	1869

Der Einfluss der organischen Düngung aus der Schweinehaltung zur Erhöhung der Humusgehalte ist gering und liegt bei etwa 0,1% bis max. 0,2%. Dieser Effekt kann jedoch nicht generalisiert werden: Da Proben von Betrieben mit hohem GVE-Bestand teilweise auch um 0,2% niedrigere Humuswerte im Vergleich zu den viehlosen

Betrieben aufweisen, sind deren Bewirtschaftungsweisen (Kulturarten, Bodenbearbeitung, Erosionsschutz) im Einzelfall zu überprüfen.

Die Anzahl von Bodenproben vorwiegend Rinder haltender Betriebe liegt bei über 6.500, die meisten mit über 3.750 aus dem Mühlviertel (Tabelle 26). Die Proben aus den Voralpen stammen fast nur aus den mittleren GVE-Klassen, eine Bewertung ist daher nicht möglich. Im Alpenvorland steigen die Humuswerte bis etwa 2,0 GVE/ha kontinuierlich um bis zu 0,34% an (nicht signifikant). Auf den Ackerböden des Mühlviertels steigen die Gehalte bis zur GVE-Klasse von etwa 1 GVE/ha um 0,60% (signifikant), danach gehen die Zunahmen der Humusgehalte wieder etwas zurück, bei etwa 2 GVE/ha liegt ein um 0,36% höherer Wert vor. (Die Datenlage, die einen weiter abnehmenden Trend bei noch höherem Viehbestand anzeigt, ist gering).

Tabelle 26: GVE-Bestand mit überwiegender Rinderhaltung und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Rinderhaltung	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (b)			Voralpen (c)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	3,18 a	0,98	1823	3,28 a	1,17	247	6,95	2,73	4
GVE 0,25 - 0,75	3,29 a	0,95	267	3,74 ab	1,77	205	3,90	0,28	2
GVE 0,75 - 1,25	3,39 a	1,37	764	3,88 b	1,65	1450	5,66	2,75	12
GVE 1,25 - 1,75	3,44 a	1,11	1241	3,68 ab	1,38	1616	5,31	1,60	27
GVE 1,75 - 2,25	3,52 a	1,21	405	3,64 ab	1,14	472	4,13	0,72	7
GVE über 2,25	3,34 a	0,89	28	3,49 ab	0,91	21	4,30	.	1
Gesamt	3,36	1,13	4528	3,73	1,47	4011	5,28	1,97	53

Die Intensität der Geflügelhaltung hat keinen signifikanten Einfluss auf den Humusgehalt, es kommen sowohl geringe Steigerungen als auch Verminderungen vor (Tabelle 27).

Tabelle 27: GVE-Bestand mit überwiegender Geflügelhaltung und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Geflügelhaltung	alle Daten			Alpenvorland			Mühlviertel		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	3,19 a	1,02	2074	3,18 a	0,98	1823	3,28 a	1,17	247
GVE 0,25 - 0,75	3,24 a	1,19	215	3,13 a	1,03	159	3,51 a	1,55	54
GVE 0,75 - 1,25	3,39 a	1,18	323	3,17 a	1,07	154	3,59 a	1,23	169
GVE 1,25 - 1,75	3,28 a	1,21	191	3,23 a	1,19	141	3,40 a	1,31	46
GVE 1,75 - 2,25	2,94 a	1,00	47	2,87 a	0,75	35	3,13 a	1,54	12
GVE über 2,25	3,28 a	0,38	19	3,18 a	0,27	16	3,86 a	0,38	3
Gesamt	3,22	1,07	2869	3,17	1,00	2328	3,41	1,26	531

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Betriebe mit Schweinehaltung nur geringfügig um 0,1% bis max. 0,2% höhere Humusgehalte aufweisen können im Vergleich zu den viehlosen Betrieben, diese Steigerungen sind jedoch nicht

gleichsinnig über alle GVE-Klassen und Regionen konstant. Beim Güllesystem sind die geringen positiven Effekte hinsichtlich Humusgehaltessteigerungen kaum nachweisbar.

Mit Rinderhaltung zeigt sich im Mühlviertel eine um mit bis zu 0,6% höher Humusgehalt, im Alpenvorland beträgt die Steigerung bis zu 0,36% im Vergleich zu den viehlosen Betrieben. Eine Ursache dafür könnte der höhere Anteil des Güllesystems im Alpenvorland in der Rinderhaltung sein. Mit zunehmendem GVE-Besatz gehen die positiven Humuseffekte wieder zurück, weil bei höherem Viehbesatz auch der Silomaisanteil in der Fruchtfolge ansteigt.

Die Humusgehalte auf Grünland wurden nach demselben Schema ausgewertet, wegen des Einflusses der Höhenlage und der hohen Datenzahl sind die Ergebnisse für das Mühlviertel nach KPG dargestellt. Dabei ist als Einschränkung bei der Datenlage anzuführen, dass es keine brauchbaren Referenzwerte für Humusgehalte auf Grünland ohne bzw. mit nur sehr geringer Tierhaltung gibt bzw. auch gar nicht geben kann (Grünlandnutzung ist mit Rinderhaltung gekoppelt). Die insgesamt 83 Datensätze mit einem GVE-Besatz bis 0,25 GVE/ha dürften von Betrieben mit atypischer Grünlandbewirtschaftung stammen (Tabelle 28). Der einzige signifikant niedrigere Humusgehalt liegt in dieser GVE-Klasse in den Mittellagen des Mühlviertels vor. Hinzuweisen ist auf die hohe Streuung der Humusgehalte, außer in den Mittellagen, wodurch bei den statistischen Auswertungen keine weiteren signifikanten Unterschiede ermittelt wurden.

Tabelle 28: GVE-Bestand und Humusgehalt auf Grünland in den HPG und den KPG des Mühlviertels

Grünland	Alpenvorland			Mittellagen MV			Hochlagen MV			Voralpen		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	4,66 a	1,44	28	4,49 a	1,77	36	5,38 a	3,08	19			
GVE 0,25 - 0,75	4,95 a	1,59	25	5,36 b	1,40	62	8,11 a	5,42	69	8,33 a	1,83	30
GVE 0,75 - 1,25	6,10 a	5,21	296	5,87 b	1,98	547	7,19 a	3,99	574	7,94 a	3,52	269
GVE 1,25 - 1,75	6,26 a	3,64	665	5,64 b	1,82	890	6,66 a	2,90	301	8,29 a	3,20	182
GVE 1,75 - 2,25	6,00 a	2,63	225	5,49 b	1,63	301	7,58 a	1,71	36	8,95 a	4,19	50
GVE über 2,25	5,72 a	2,15	20	5,82 b	1,68	10	7,43 a	2,28	7	6,50 a	1,04	3
Gesamt	6,11	3,85	1259	5,65 b	1,84	1846	7,08	3,75	1006	8,17	3,41	534

Von Belang in Tabelle 28 sind die Datenzeilen mit mittlerem bis höherem GVE-Bestand von 0,75 – 2,25 GVE/ha, vor allem wegen der hohen Probenanzahl. Im Alpenvorland verbleiben die Humusgehalte zwischen der 3. – 5. GVE-Klasse in einem engen Bereich von 6,00 bis 6,26%. Da mit höherem Viehbesatz eine höhere Nutzungsintensität (mehr Schnitte) verbunden ist, wodurch sowohl mehr Kohlenstoff abgeführt wird als auch beim häufiger folgenden Neuaustrieb der Gräser zunächst die mobilen Kohlenstoffreserven der Graswurzeln beansprucht werden, führt die höhere Menge an Wirtschaftsdüngern bei höherem Viehbesatz nicht zu Steigerungen des organischen Kohlenstoffvorrates im Boden. Dazu kommt häufiger eine höhere Temperatur in der obersten Bodenschicht, wenn kein Pflanzenbewuchs den Boden beschattet. In den KPG des Mühlviertels ist mit zunehmender GVE-Dichte ein

geringer, nicht signifikanter Rückgang des Humusgehaltes ausgewiesen: In den Mittellagen von 5,87 auf 5,49% Humus mit steigendem GVE-Besatz von etwa 1 auf 2 GVE/ha, in den Hochlagen von 7,19 auf 6,66% Humus mit steigendem GVE-Bestand von 1 auf 1,5 GVE/ha. Neben dem soeben beschriebenen Effekt auch die unterschiedlichen Höhenlagen zum Tragen: Ein höherer Viehbesatz mit höherer Schnittfrequenz ist eher in den klimatisch günstigeren Mittellagen des Mühlviertels möglich. Dort liegen naturräumlich-klimatisch bedingt niedrigere standörtliche Humusgehalte vor als in den Hochlagen, wo die Mineralisierung des organischen Kohlenstoffs durch die niedrigeren Temperaturen vermindert ist. Die nahezu gleich bleibenden Humuswerte im Alpenvorland sind daher darauf zurückzuführen, dass dort der Effekt unterschiedlicher Höhenlage weniger ausgeprägt sein dürfte. Die unterschiedliche Nutzungsintensität führt dort zu keinen signifikanten Veränderungen des Humusgehaltes.

In den Voralpen, einer flächenmäßig großen Region mit naturräumlich sehr unterschiedlichen Standorten, dürften die unterschiedlichen Höhenlagen die Humusgehalte beeinflussen, sodass kein Zusammenhang mit der Nutzungsintensität festzustellen ist.

4.3 Tierhaltung und pflanzenverfügbarer Phosphorgehalt des Bodens

Die Menge und die Bewertung der mit dem Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen aufgebrauchten Nährstoffe, vor allem an Stickstoff, aber auch an Phosphor und Kalium (und weiterer Haupt- und Spurennährstoffe) waren und sind ein Schwerpunkt der landwirtschaftlichen Forschung und vor allem der Beratung. Insbesondere ist der Phosphor eine Ressource, die nur begrenzt verfügbar ist. Die Auswertungen erfolgen ebenfalls getrennt nach Rinder- und Schweinehaltung, weil die P- und K-Gehalte je nach Tierkategorie sehr unterschiedlich sind: Mit den Düngern aus der Schweinehaltung werden etwa gleich viele Mengen an P_2O_5 und K_2O ausgebracht, aus der Rinderhaltung übersteigen die K_2O - die P_2O_5 -Mengen um das Doppelte. Als Bewertungskriterium für den sachgerechten Einsatz wird das Erreichen der ausreichenden Versorgungsstufe C der pflanzenverfügbaren P- (C: 47 – 111 mg P/kg) und K-Gehalte (C: 113 – 212 mg K/kg) herangezogen.

Im Mittel liegen die pflanzenverfügbaren P-Gehalte in allen drei Regionen in einem engen Bereich um 50 mg/kg in der Stufe C, jedoch nur knapp oberhalb der Grenze zur Stufe B von 46 mg/kg (Tabelle 29).

Tabelle 29: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Ackerland nach HPG

Ackerland	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (a)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	53 b	34	1823	48 a	33	247	9	4	4
GVE 0,25 - 0,75	46 a	30	652	45 a	38	268	11	3	2
GVE 0,75 - 1,25	51 b	31	1462	45 a	29	1525	27	41	19
GVE 1,25 - 1,75	52 b	33	2499	50 a	30	1672	70	81	31
GVE 1,75 - 2,25	59 c	34	1222	53 a	33	526	88	45	12
GVE über 2,25	69 d	38	503	83 b	70	29	39	.	1
Gesamt	54	34	8161	48	31	4267	55	51	69

Im Alpenvorland weisen die Flächen der Betriebe < 0,25 GVE/ha um 7 mg P/kg höhere P-Werte als die Felder der Betriebe mit geringem Viehbestand um 0,5 GVE/ha, der Unterschied ist signifikant. Durch gezielte mineralische P-Ausbringung bei den Marktfruchtbetrieben dürften die P-Gehalte der Böden in der ausreichenden Stufe C gehalten werden. Erst ab einem höheren GVE-Bestand ab 1,75 GVE/ha werden signifikant höhere P-Gehalte von knapp 60 – 70 mg/kg erreicht, was durchwegs in der Mitte der Stufe C liegt (46 – 111 mg/kg, ab 90 mg/kg erfolgt eine verminderte P-Düngeempfehlung unterhalb der P-Abfuhr mit dem Erntegut). Im Mühlviertel liegen ebenfalls bei den Betriebsflächen mit geringem GVE-Besatz um 1 die niedrigsten P-Gehalte im Boden vor, die Unterschiede sind nicht signifikant. Erst bei dem höchsten Viehbestand liegt ein signifikant höherer P-Gehalt vor (+35 mg P/kg).

Aufgrund der hohen Probenzahlen sind hinsichtlich der Schweinehaltung nur die Ergebnisse aus dem Alpenvorland aussagekräftig. Es werden bei mittlerem bis höherem GVE-Bestand (etwa 1 – 2 GVE/ha) um etwa 10 mg/kg signifikant höhere P-CAL-Gehalte von 60 mg/kg im Vergleich zu den Betrieben ohne bzw. mit geringer Tierhaltung (bis etwa 0,5 GVE/ha) erreicht. Bei intensiverer Schweinehaltung (über 2,5 GVE/ha) werden weitere signifikante Steigerungen bis knapp 70 mg/kg festgestellt, die P-Werte verbleiben somit stabil in der Mitte der Stufe C (Tabelle 30). Aus den wenigen Proben des Mühlviertels ist kein einheitlicher Trend ersichtlich, neben höheren P-Gehalten zwischen 70 – 80 mg/kg bei niedrigem und hohem GVE-Beständen kommen bei mittleren GVE-Bestand niedrige Werte um 43 mg/kg vor. In Einzelfällen dürfte der P-Eintrag mit den Düngern aus der Schweinehaltung deutlich unterschätzt werden bzw. nicht sachgemäß eingesetzt werden.

Tabelle 30: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Schweinehaltung	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (a)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	53 b	34	1823	48 ab	33	247	9	4	4
GVE 0,25 - 0,75	49 a	22	223	73 ab	52	18			
GVE 0,75 - 1,25	60 c	30	580	62 ab	36	30			
GVE 1,25 - 1,75	61 c	33	1032	43 a	20	12			
GVE 1,75 - 2,25	62 c	31	741	78 b	35	35	127	28	5
GVE über 2,25	69 d	38	458	206 c	48	5			
Gesamt	59	33	4857	60	43	347	74	65	9

Werden die Ergebnisse aus den drei KPG mit den höchsten Probenzahlen getrennt dargestellt, zeigen sich geringe Abweichungen des oben beschriebenen Trends: Im Rieder Gebiet, wo die Rinderhaltung dominiert, werden bei hohem GVE-Bestand etwas niedrigere P-Gehalte (um 60 mg/kg) erreicht als im Zentralraum, in dem die Schweinehaltung bedeutender ist und die höchsten P-Bodengehalte vorliegen (bis 74 mg P/kg) (Tabelle 31). Die P-Gehalte steigen in allen KPG mit Zunahme der Tierhaltung signifikant. Die mittleren P-CAL-Gehalte bei den höchsten GVE-Klassen verbleiben jedoch im unteren bis mittleren Bereich der Gehaltsstufe C (47 – 111 mg P/kg).

Tabelle 31: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung im Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünst. und Zentralraum auf Ackerland im Alpenvorland

Ackerland - Schweinehaltung	Rieder Gebiet (a)			Grieskirchen-Kremsmünst. (b)			Oberösterr. Zentralraum (b)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE-Klassen									
GVE bis 0,25	54 bc	30	210	53 a	32	553	53 a	38	919
GVE 0,25 - 0,75	48 b	17	47	52 a	22	63	46 a	23	98
GVE 0,75 - 1,25	38 a	21	80	59 b	28	318	68 bc	30	159
GVE 1,25 - 1,75	54 bc	27	117	62 bc	32	542	63 b	34	322
GVE 1,75 - 2,25	60 c	28	73	61 bc	29	436	65 b	35	220
GVE über 2,25	61 c	31	64	68 c	37	235	74 c	42	151
Gesamt	53	28	591	60	31	2147	61	36	1869

Bei den Betrieben mit Rinderhaltung zeigt sich in zweifacher Hinsicht ein anderer Effekt auf die P-Gehalte: Die Betriebe mit nur geringem Viehbestand (um 0,5 GVE/ha) weisen mit 38 bzw. 39 mg P/kg mittlere P-Gehalte in der Stufe B (27 – 46 mg P/kg) auf, ein Hinweis auf eine generell extensive Bewirtschaftung. Bei höherem Rinderbestand wird der P-Gehalt in geringerem Ausmaß erhöht als beim selben Schweinebesatz (Tabelle 32). Die sehr unterschiedlichen P- und K-Gehalte der Dünger von Rindern und Schweinen sind dafür eine plausible Erklärung. Die Unterschiede sind in beiden HPG knapp über der Signifikanzschwelle.

Tabelle 32: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Rinderhaltung auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Rinderhaltung	Alpenvorland (b)			Mühlviertel (b)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE-Klassen									
GVE bis 0,25	53 b	34	1823	48 ab	33	247	9	4	4
GVE 0,25 - 0,75	38 a	21	267	39 a	24	205	11	3	2
GVE 0,75 - 1,25	42 a	27	764	44 ab	28	1450	29	22	12
GVE 1,25 - 1,75	43 a	27	1241	49 ab	30	1616	47	55	27
GVE 1,75 - 2,25	53 b	39	405	51 b	32	472	61	32	7
GVE über 2,25	57 b	36	28	54 b	37	21	39	.	1
Gesamt	47	31	4528	47	30	4011	40	38	53

Auf den Ackerflächen von Betrieben mit intensiver Geflügelhaltung werden signifikant höhere P-Gehalte erreicht (+33 im Alpenvorland bzw. + 44 mg/kg im Mühlviertel). Mit knapp 90 mg P/kg werden die Maximalwerte im Vergleich zur Schweinehaltung deutlich übertroffen (Tabelle 33). Die Gehalte befinden sich im oberen Bereich der Stufe C. Obwohl noch keine erhöhte P-Versorgung des Bodens vorliegt, erscheint eine Verbesserung des P-Düngungsmanagements angezeigt.

Tabelle 33: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Geflügelhaltung auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Geflügelhaltung	alle Daten			Alpenvorland			Mühlviertel		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE-Klassen									
GVE bis 0,25	52 a	34	2074	53 a	34	1823	48 a	33	247
GVE 0,25 - 0,75	57 ab	45	215	57 a	44	159	60 a	47	54
GVE 0,75 - 1,25	57 ab	41	323	57 a	35	154	58 a	46	169
GVE 1,25 - 1,75	71 b	54	191	70 a	53	141	60 a	32	46
GVE 1,75 - 2,25	67 ab	49	47	59 a	43	35	92 a	58	12
GVE über 2,25	86 c	46	19	86 b	46	16	86 a	54	3
Gesamt	55	38	2869	55	37	2328	55	40	531

Auf Grünland werden fast ausschließlich Wirtschaftsdünger aus der Rinderhaltung ausgebracht. Dementsprechend moderat ist der Effekt auf die P-Gehalte im Boden. Relevant sind wegen der Probenzahlen nur die Zeilen mit einem GVE-Bestand von im Mittel 1 – 2 GVE/ha. Im Alpenvorland und Mühlviertel steigen die P-Gehalte um 3 – 8 mg/kg, in den Voralpen deutlich stärker, ausgehend von einem viel niedrigeren Niveau (Tabelle 34). Auch bei sehr hohem Rinderbestand verbleiben die P-Gehalte im Mittel in der niedrigen Stufe B (26 – 46 mg P/kg).

Tabelle 34: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Grünland nach HPG

Grünland	alle Daten			Alpenvorland (b)			Mühlviertel (b)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE-Klassen												
GVE bis 0,25	37 bc	34	83	31 a	16	28	40 ab	40	55			
GVE 0,25 - 0,75	29 a	19	186	29 a	21	25	32 a	19	131	16 a	9	30
GVE 0,75 - 1,25	30 a	19	1686	29 a	23	296	32 a	18	1121	20 ab	13	269
GVE 1,25 - 1,75	33 ab	22	2038	33 a	25	665	34 a	20	1191	30 ab	25	182
GVE 1,75 - 2,25	36 abc	30	612	37 a	22	225	35 a	32	337	42 b	43	50
GVE über 2,25	42 c	22	40	39 a	21	20	47 b	25	17	35 ab	16	3
Gesamt	32	23	4645	33	24	1259	34	22	2852	25	23	534

Die in den Wirtschaftsdüngern enthaltenen P-Mengen führen auch bei hohen Tierbeständen zu keiner Überversorgung. Auf den Ackerflächen liegen die P-Gehalte der viehhaltenden Betriebe über denen ohne Tierhaltung etwa in der Mitte der ausreichenden Stufe C. Der mittlere Wirtschaftsdüngereinsatz bewegt sich bezüglich Phosphor innerhalb des optimalen Bereiches der Empfehlungen. Zumeist liegen bei Betrieben ohne Tierhaltung die Vorräte im Boden nur knapp oberhalb des anzustrebenden C-Bereiches, bei Betrieben mit höherem Rinderbestand sind die CAL-P-Reserven im Boden um etwa 5-10, bei höherem Schweinebestand um etwa 15 -20, bei höherem Geflügelbestand um etwa 40 mg P/kg höher.

Auf Grünland tragen die höheren Tierbestände (von etwa 1 auf 2 GVE/ha) nur unwesentlich zu einer höheren CAL-P-Versorgung von etwa 6 mg/kg bei, die Gehalte verbleiben in der Mitte der niedrigen Stufe B.

4.4 Tierhaltung und pflanzenverfügbarer Kaliumgehalt des Bodens

So wie beim Phosphor findet sich bei den Betrieben mit einem niedrigen GVE-Bestand um 0,5 GVE/ha der niedrigste K-Mittelwert mit 164 mg/kg, der in der Mitte der ausreichenden Stufe C (113 – 212 mg/kg) liegt. Betriebe ohne organische Düngung gleichen die K-Abfuhr mit dem Erntegut weitgehend durch mineralische K-Zufuhr aus, deren Boden-K-Gehalte liegen meist signifikant höher. Mit zunehmendem GVE-Bestand steigen die K-Gehalte signifikant, in der Klasse mit dem höchsten GVE-Bestand liegen die Mittelwerte in allen Regionen knapp oberhalb der Stufe C (Tabelle 35).

Bei der Bewertung des K-CAL-Gehaltes im Boden ist zu beachten, dass im Mühlviertel auf Acker- und Grünland geogen bedingt eine höhere Versorgung vorliegt, der Unterschied ist statistisch signifikant. Die Betriebe im Mühlviertel verzichten daher weitgehend auf eine mineralische K-Düngung, denn die Gehalte steigen dort kontinuierlich mit zunehmendem Viehbestand an.

Tabelle 35: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Ackerland nach HPG

Ackerland GVE-Klassen	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (b)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	170 b	70	1823	168 a	89	247	150	155	4
GVE 0,25 - 0,75	155 a	69	652	187 ab	94	268	187	18	2
GVE 0,75 - 1,25	163 b	73	1462	210 b	106	1525	148	36	19
GVE 1,25 - 1,75	166 b	73	2499	210 b	100	1672	191	98	31
GVE 1,75 - 2,25	187 c	72	1222	218 b	115	526	203	63	12
GVE über 2,25	215 d	76	503	220 b	96	29	257	.	1
Gesamt	172	74	8161	207	104	4267	180	83	69

Tabelle 36: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Schweinehaltung GVE-Klassen	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (a)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	170 b	70	1823	168 ab	89	247	150	155	4
GVE 0,25 - 0,75	157 a	69	223	242 b	169	18			
GVE 0,75 - 1,25	184 a	74	580	183 ab	90	30			
GVE 1,25 - 1,75	188 c	73	1032	142 a	50	12			
GVE 1,75 - 2,25	200 d	71	741	210 ab	99	35	251	42	5
GVE über 2,25	219 e	75	458	208 ab	63	5			
Gesamt	186	74	4857	185	103	347	206	113	9

Bei Betrieben, wo die Schweinehaltung überwiegt, also vor allem im Alpenvorland, liegen in den mittleren GVE-Klassen die K-Werte um etwa 20 mg/kg höher im Vergleich zu den Ergebnissen mit allen Daten (Tabelle 36 und Tabelle 35). Das kann als ein Indiz dafür interpretiert werden, dass bis zu einem mittleren GVE-Bestand die Schweine haltenden Betriebe noch zusätzlich mineralische K-Dünger einsetzen.

Die Daten auf KPG-Ebene zeigen, dass die Verteilungen der Nährstoffgehalte in Abhängigkeit vom Viehbestand - mit den niedrigsten Gehalten bei den Betrieben mit nur geringer Tierhaltung von etwa 0,5 GVE/ha - in allen 3 Gebieten in gleichsinniger Weise vorliegen (Tabelle 37). Die Versorgungslage ist in den drei KPG unterschiedlich, mit den niedrigeren Gehalten im Rieder Gebiet und den höheren im Zentralraum. Dort wird bereits in der Klasse von 2 GVE/ha im Mittel die hohe Stufe D erreicht. Dies kann auch als ein Hinweis angesehen werden, dass vor allem die Schweine haltenden Betriebe ihre mineralischen K-Düngegewohnheiten an Hand dieser Datenlage überprüfen.

Tabelle 37: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung im Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünster und Zentralraum auf Ackerland im Alpenvorland

Ackerland - Schweinehaltung	Rieder Gebiet (a)			Grieskirchen-Kremsmünst. (b)			Oberösterr. Zentralraum (b)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	159 a	71	210	180 a	65	553	171 b	73	919
GVE 0,25 - 0,75	152 a	49	47	178 a	97	63	149 a	56	98
GVE 0,75 - 1,25	147 a	65	80	194 ab	78	318	185 b	62	159
GVE 1,25 - 1,75	163 a	63	117	193 ab	71	542	189 b	77	322
GVE 1,75 - 2,25	174 a	58	73	199 c	62	436	213 c	87	220
GVE über 2,25	200 b	70	64	218 d	79	235	230 d	71	151
Gesamt	164	64	591	193	72	2147	184	77	1869

Tabelle 38: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Rinderhaltung auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Rinderhaltung	Alpenvorland (a)			Mühlviertel (b)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	170 b	70	1823	168 a	89	247	150	155	4
GVE 0,25 - 0,75	141 a	60	267	183 ab	86	205	187	18	2
GVE 0,75 - 1,25	146 a	67	764	211 b	105	1450	135	28	12
GVE 1,25 - 1,75	146 a	66	1241	210 b	99	1616	170	71	27
GVE 1,75 - 2,25	166 b	67	405	219 b	117	472	170	54	7
GVE über 2,25	174 b	78	28	217 b	106	21	257	.	1
Gesamt	157	69	4528	208	103	4011	163	70	53

Bei den Betrieben mit überwiegender Rinderhaltung sind das Alpenvorland und das Mühlviertel mit umfangreichen Probenzahlen vertreten (Tabelle 38). Bei der Düngeplanung wird der hohe Kaliumgehalt ihrer Wirtschaftsdünger mitberücksichtigt. Die Gehalte im Alpenvorland liegen mit 146 – 174 mg K/kg unabhängig vom GVE-Bestand durchwegs im mittleren Bereich der Stufe C (113-212 mg K/kg), zusätzliche

mineral. K-Dünger dürften daher nicht eingesetzt werden. Die K-Gehalte im Mühlviertel sind v.a. geogen bedingt etwas höher, in den zwei höchsten GVE-Klassen liegen die Mittelwerte bereits in der Stufe D. Im Mühlviertel, wo die Rinderhaltung dominiert, ist daher in der Regel kein mineral. K-Düngereinsatz angezeigt.

Mit zunehmender Intensivierung der Geflügelhaltung kommt es zu signifikanten Erhöhungen der CAL-K-Gehalte um 40 – 50 mg/kg in den Ackerböden, auch im Alpenvorland wird bei über 2,5 GVE/ha bereits im Mittel die hohe Stufe D erreicht. So wie bereits beim Nährstoff Phosphor angemerkt, wird die erforderliche Verbesserung des Wirtschaftsdüngermanagements der Geflügel haltenden Betriebe auch hinsichtlich Kalium bestätigt.

Tabelle 39: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Geflügelhaltung auf Ackerland nach HPG

Ackerland - Geflügelhaltung	alle Daten			Alpenvorland			Mühlviertel		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	169 ab	73	2074	170 ab	70	1823	168 a	89	247
GVE 0,25 - 0,75	161 a	72	215	156 a	69	159	175 a	78	54
GVE 0,75 - 1,25	209 c	118	323	166 ab	73	154	248 a	137	169
GVE 1,25 - 1,75	194 bc	92	191	185 abc	90	141	208 a	85	46
GVE 1,75 - 2,25	216 c	96	47	201 bc	57	35	261 a	159	12
GVE über 2,25	222 c	61	19	215 c	57	16	262 a	74	3
Gesamt	176	82	2869	170	72	2328	200	113	531

Für Grünland wird der ausreichende K-Gehalt der Stufe C mit 88 – 170 mg/kg in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung angegeben. Im Alpenvorland und in den Voralpen befinden sich die mittleren Kaliumgehalte fast aller Betriebe, über alle GVE-Klassen, innerhalb des anzustrebenden Bereichs (Tabelle 40).

Tabelle 40: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Grünland nach HPG

Grünland	alle Daten			Alpenvorland (a)			Mühlviertel (b)			Voralpen (a)		
	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n	Mittel	s	n
GVE bis 0,25	160 a	125	83	115 a	57	28	183 a	143	55	–	–	–
GVE 0,25 - 0,75	190 ab	110	186	175 b	172	25	197 a	100	131	177 a	86	30
GVE 0,75 - 1,25	199 b	108	1686	148 ab	80	296	222 a	114	1121	156 a	66	269
GVE 1,25 - 1,75	201 b	115	2038	155 ab	81	665	231 a	127	1191	165 a	62	182
GVE 1,75 - 2,25	200 b	111	612	163 b	74	225	227 a	128	337	185 a	77	50
GVE über 2,25	177 ab	90	40	149 ab	63	20	211 a	110	17	166 a	66	3
Gesamt	198	112	4645	154	82	1259	225	122	2852	163	67	534

Eine moderate Steigerung der Gehalte von der GVE-Klasse 1,0 – 2,0 GVE/ha von 148 auf 163 im Alpenvorland und von 156 auf 185 mg/kg in den Voralpen liegt vor, die Steigerungen sind nicht signifikant (Tabelle 40).

Im Mühlviertel hingegen befinden sich die Kaliummittelwerte bei diesen GVE-Bestandsklassen bereits deutlich in der hohen Stufe D, die Werte liegen bei 222 – 231 mg CAL-K/kg (Tabelle 40). Neben der Vermeidung unnötiger K-Düngung ist auf eine ausreichende Mg-Versorgung zu achten, um eine gute Grundfutterqualität bezüglich optimaler K- und Mg-Gehalte sicherzustellen.

4.5 Diskussion zu Einfluss der Tierhaltung auf Bodenparameter

Mit zunehmender Intensivierung bei der Schweinehaltung wird auf Ackerflächen bezüglich Kalium häufig bereits die hohe Versorgungsstufe D erreicht, es besteht vor allem in den Regionen mit überwiegender Schweinehaltung ein Einsparungspotential für mineralische Kaliumdünger. Bei der Rinderhaltung werden im Alpenvorland die Kaliummengen in den organischen Düngern entsprechend mitbewertet, was zu einer ausreichenden Versorgung führt. Im Mühlviertel liegen auf den Ackerflächen bei höherem Rinderbestand um 2 GVE/ha die pflanzenverfügbaren K-Gehalte bereits in der hohen Stufe D, auf Grünland tritt die Überversorgung bereits ab einem GVE-Bestand von etwa 1 GVE/ha ein. Eine mineralische Kaliumdüngung sollte daher nur erfolgen, wenn ein Bedarf nachgewiesen wird.

Auch mit zunehmendem Tierbestand ergeben sich bislang keine zu hohen P-Nährstoffgehalte, die Gehalte verbleiben im Mittel in der ausreichenden Stufe C. Bei der Schweine- und besonders bei der Geflügelhaltung treten signifikant höhere Gehalte auf, die auf ein Verbesserungspotential beim Wirtschaftsdüngermanagement hinweisen. Um dieses Optimierungspotential realisieren zu können sind Untersuchungen der Nährstoffversorgung der Böden eine Voraussetzung.

Über positive Effekte von Wirtschaftsdüngern auf den Humusgehalt von Ackerstandorten wird häufig berichtet, zumeist in Zusammenhang mit Stallmistausbringung, jedoch kaum mit Gülle:

Durch regelmäßige Stallmistgaben von etwa 10 t/ha wurde in einem 18-jährigen Fruchtfolgeversuch der Humusgehalt in einer hackfruchtbetonten Variante um knapp 0,3% gesteigert (Spiegel et al. 2005); mit derselben Wirtschaftsdüngerabfuhr über mehr als 2 Jahrzehnte konnte der Humusgehalt auf einem Waldviertler Standort (Bodenart lehmiger Sand) von 2,0% um knapp 0,4% angehoben werden, im nördlichen Alpenvorland von 3,0% um knapp 0,2% (Dersch und Böhm 2001).

Auf einem mittelschweren Standort im ostdeutschen Trockengebiet (Bad Lauchstädt) wurde der Humusgehalt nach fast 100-jähriger Versuchsdauer durch Zufuhr von 20 t Stallmist jedes 2. Jahr bei gleichzeitiger mineralischer Düngung von 2,95% auf 3,61, ohne mineral. Düngung von 2,56 auf 3,27% erhöht. In Prag auf einem schweren Boden konnte der Humusgehalt bei denselben Versuchsvarianten wie in Bad Lauchstädt nach knapp 40 Jahren mit mineralischer Düngung von 2,36% auf 2,87% Humus, ohne mineral. Düngung von 2,13 auf 2,67% gesteigert werden (Körshens et al. 1998).

Diese Steigerungen entsprechen denen mit Rinderhaltung auf den oö. Ackerflächen, die im Alpenvorland bis zu +0,34% und im Mühlviertel bis zu +0,60% Humus betragen können. Das Festmistsystem ist in der Rinderhaltung verbreiteter, in der Schweinehaltung überwiegt das Güllesystem. Mit Intensivierung der

Schweinehaltung konnten keine deutlichen und vor allem keine einheitlichen Effekte auf den Humusgehalt festgestellt werden.

Diese Diskrepanzen der unterschiedlichen Humuseffekte von festen und flüssigen Wirtschaftsdüngern, die in OÖ feststellbar waren, stehen in Einklang mit gebräuchlichen Humusbilanzverfahren (z.B. nach VdLUFA oder nach der standortangepassten Methode nach Kolbe). Denn die organischen Dünger weisen unterschiedliche Humus-Reproduktionskoeffizienten auf. Mit 20 t Stallmist verbleiben nach diesen Berechnungen 640 kg HÄQ (Humusäquivalente) auf dem Feld, mit 20 m³ Gülle nur 196 kg (Kolbe 2007).

Grünland erhält auf fast allen Flächen organische Düngegaben. Mit zunehmendem Tierbestand von 1 auf 2 GVE/ha sind jedoch weder im Alpenvorland noch im Mühlviertel Humusgehaltssteigerungen gegeben, sondern leicht abnehmende Gehalte. Das hängt auch damit zusammen, dass eine höhere Tierhaltung eher in günstigeren Regionen des Mühlviertels situiert ist bzw. mit einer etwas intensiveren Nutzung einhergeht. Eine Intensivierung der Grünlandnutzung durch früheres und häufigeres Mähen oder Beweiden mit höherem Tierbesatz vermindert die unterirdische Biomasse und erhöht die mittlere Temperatur an der Bodenoberfläche für einige Zeit nach dem Mähen; langfristig dürfte das zu einem leichten Rückgang des Humusgehalts der Grünlandböden führen (Bohner 2012).

Organische Düngung von Grünland führt (im Vergleich zur Ausbringung incl. unmittelbar folgender Einarbeitung auf Ackerland) zu höheren CO₂-Verlusten durch die Bodenatmung und Mineralisierung an der Oberfläche, trägt aber dennoch zu einer C-Speicherung in den Böden im Vergleich zu mineralischer Düngung bei. Von den in organischen Düngern über 2 Jahren zugeführten C-Mengen verblieben ein Jahr nach der letzten Applikation 32% von Rindergülle und 39% von Geflügelmist (Jones et al. 2006) in der obersten Bodenschicht bis 10 cm. Der Kohlenstoff von Gülle trägt weniger zum Humusaufbau bei als von Festmistdüngerformen. Gesteuert werden die Abbauprozesse auch durch das C/N-Verhältnis, bei einem weiteren C/N-Verhältnis wie z.B. bei Festmist, sind die Abbauprozesse verlangsamt und ein höherer C-Anteil des organischen Düngers kann im Boden gespeichert werden.

5 Vergleich der Bewirtschaftungsform: Konventionell vs. Biologisch

Wenn Vergleiche der Bewirtschaftungsform durchgeführt werden, ist die Dauer seit der Umstellung v.a. bei Bodenparametern mit zu berücksichtigen, weil es mehrere Jahre bis sogar Jahrzehnte – je nach Bodenparameter - dauern kann, bis das neue „Fließgleichgewicht“ erreicht ist. Insbesondere beim Humusgehalt wird von einer längeren Periode ausgegangen. Weil eine relevante Anzahl von teilnehmenden Betrieben erst in den letzten 8 Jahren umgestellt hat, die knapp 40% der Proben von biologisch bewirtschafteten Schlägen repräsentieren (siehe Tabelle 3), wurden in einem 1. Schritt nur die bereits seit mindestens 9 Jahren biologisch bewirtschafteten Flächen den konventionellen gegenübergestellt.

5.1 Übersicht der Bodenparameter in ausgewählten Regionen nach mindestens 9-jähriger unterschiedlicher Bewirtschaftung

Es wurden für Ackerland dazu die Regionen ausgewählt, von denen eine repräsentative Anzahl von Bodenproben beider Bewirtschaftungssysteme zur Verfügung stand, das HPG Alpenvorland und die beiden KPG des Mühlviertels.

Beim Humusgehalt auf Ackerflächen liegen die Mittelwerte bei „Bio“ in allen 3 Gebieten signifikant um 0,16 – 0,29% höher (Tabelle 41), die Mediane sind um 0,10 – 0,40% höher. Die Unterschiede sind im Mühlviertel deutlich größer.

Tabelle 41: Humusgehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

Humusgehalt		n	MW	s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	
Alpenvorland	Konv	7721	3,26	a	1,02	2,30	2,60	3,10	3,60	4,30
	Bio	204	3,40	b	0,98	2,40	2,70	3,20	3,76	4,70
Mittellagen Mühlviertels	Konv	2676	3,42	a	1,15	2,18	2,70	3,30	4,03	4,71
	Bio	326	3,71	b	1,11	2,40	2,90	3,70	4,28	5,03
Hochlagen des Mühlviertels	Konv	719	4,35	a	1,76	2,40	3,10	4,13	5,30	6,55
	Bio	268	4,63	b	2,26	2,30	3,08	4,25	5,70	7,50

In Abbildung 1 ist die Verteilung der Humusgehalte mittels der Perzentile 10, 25, 50, 75 und 90 dargestellt. Die farbige Darstellung mit Grün und Rot soll tendenziell einen anzustrebenden grünen Bereich und einen zu niedrigen bzw. zu hohen roten Gehaltsbereich darstellen. Die extreme Bandbreite der Humusgehalte in den Hochlagen des Mühlviertels sticht hervor: Die niedrigen Gehalte liegen im selben Bereich wie in anderen Regionen bei 2,0 – 2,75% Humus, die hohen Gehalte übertreffen die entsprechenden Vergleichswerte der anderen Regionen um 2- 3% Humus und erreichen 5 bis über 7%. Dazu tragen die hohe Feldfutter- und Wechselwiesenanteile in den Hochlagen bei, während auf einige Ackerflächen langjährig kein Feldfutter angebaut worden ist. Das kann auch bedeuten, dass auf den leichten Mühlviertler Granit-Verwitterungsböden ohne Feldfutter in der Fruchtfolge der Humusgehalt nur sehr schwer im anzustrebenden Bereich zu halten ist. Im Alpenvorland und in den Mittellagen des Mühlviertels sind die Verteilungen ähnlich, wobei bei „Bio“ durchgängig um 0,1 – 0,3% höhere Gehalte vorliegen.

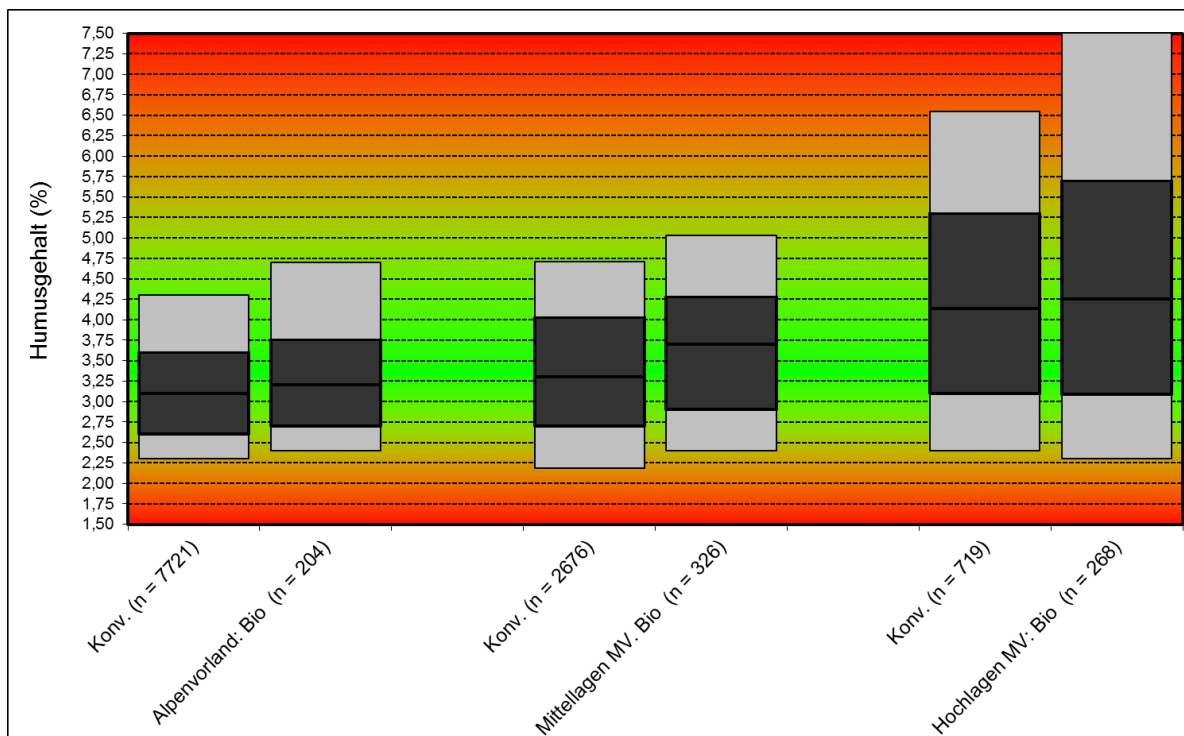


Abbildung 1: Humusgehalt (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.

Die pflanzenverfügbaren P-Gehalte (Mittelwerte und Mediane) auf Ackerland sind in allen drei Regionen bei konventioneller Bewirtschaftung um 9 bis 17 mg P/kg signifikant höher (Tabelle 42). Die Mittelwerte bei „Bio“ liegen im mittleren bis oberen Bereich der niedrigen Stufe B (26 – 46 mg P/kg), bei „Konv“ im unteren Bereich der ausreichenden Stufe C (47 -111 mg P/kg).

Tabelle 42: P-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

mg P/kg (CAL)		n	MW	s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	
Alpenvorland	Konv	7821	54	b	34	22	31	48	70	92
	Bio	204	40	a	34	13	17	31	48	81
Mittellagen Mühltviertels	Konv	2696	51	b	32	22	31	44	63	83
	Bio	334	42	a	31	13	22	35	57	74
Hochlagen des Mühltviertels	Konv	724	49	a	32	21	30	39	61	90
	Bio	268	32	b	19	13	22	29	39	52

In Abbildung 2 ist die Verteilung der P-CAL-Gehalte grafisch dargestellt. Bei den Phosphorgehalten hat der naturräumliche Einfluss im Vergleich zum Humusgehalt keine Bedeutung, primär die unterschiedliche Bewirtschaftung (z.B. mit bzw. ohne mineral. P-Dünger) bestimmt die Verteilung der P-CAL-Gehalte (Abbildung 2) in allen Regionen.

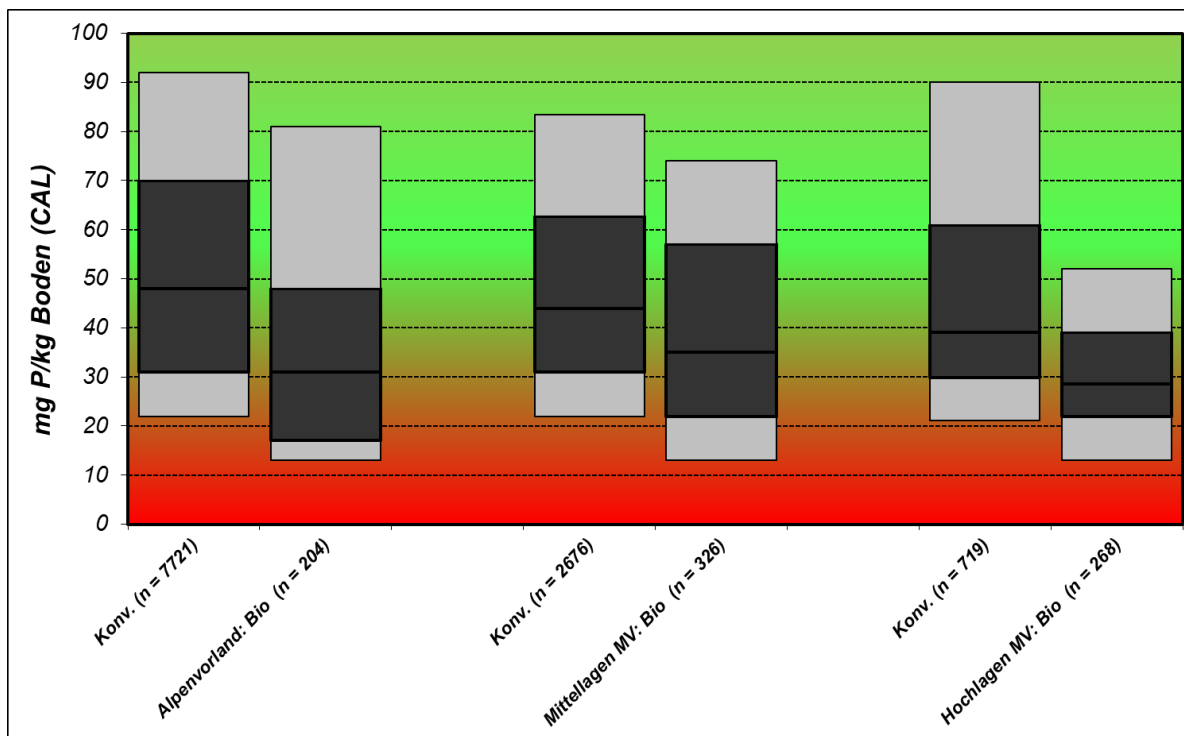


Abbildung 2: P-CAL-Gehalt (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.

Bei den pflanzenverfügbaren K-Gehalten liegen in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung keine gleichsinnigen Unterschiede vor: Während im Alpenvorland und in den Hochlagen bei „Konv“ um 35 – 43 mg K-CAL/kg signifikant höhere Werte vorliegen, wurden in den Mittellagen des Mühlviertel bei „Bio“ um 22 mg K/kg signifikant höhere Gehalte ermittelt (Tabelle 43).

Tabelle 43: K-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

mg K/kg (CAL)		n	MW	s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	
Alpenvorland	Konv	7821	173	b	73	91	125	166	216	266
	Bio	204	138	a	69	60	83	125	172	226
Mittellagen Mühlviertels	Konv	2696	200	a	101	91	125	183	249	332
	Bio	334	222	b	109	100	141	208	274	353
Hochlagen des Mühlviertels	Konv	724	228	b	105	108	158	208	287	374
	Bio	268	185	a	82	83	133	174	230	282

Aus Abbildung 3 ist im Alpenvorland deutlich der Einfluss der Bewirtschaftung ersichtlich. Im Mühlviertel liegen geogen bedingt höhere CAL-K-Gehalte vor, die teilweise die Auswirkungen der unterschiedlichen Systeme übertreffen. Die Gehalte reichen teilweise bei beiden Systemen bereits in die sehr hohe Versorgungsstufe E (über 291 mg K/kg auf leichten und über 332 mg K/kg auf mittleren Böden).

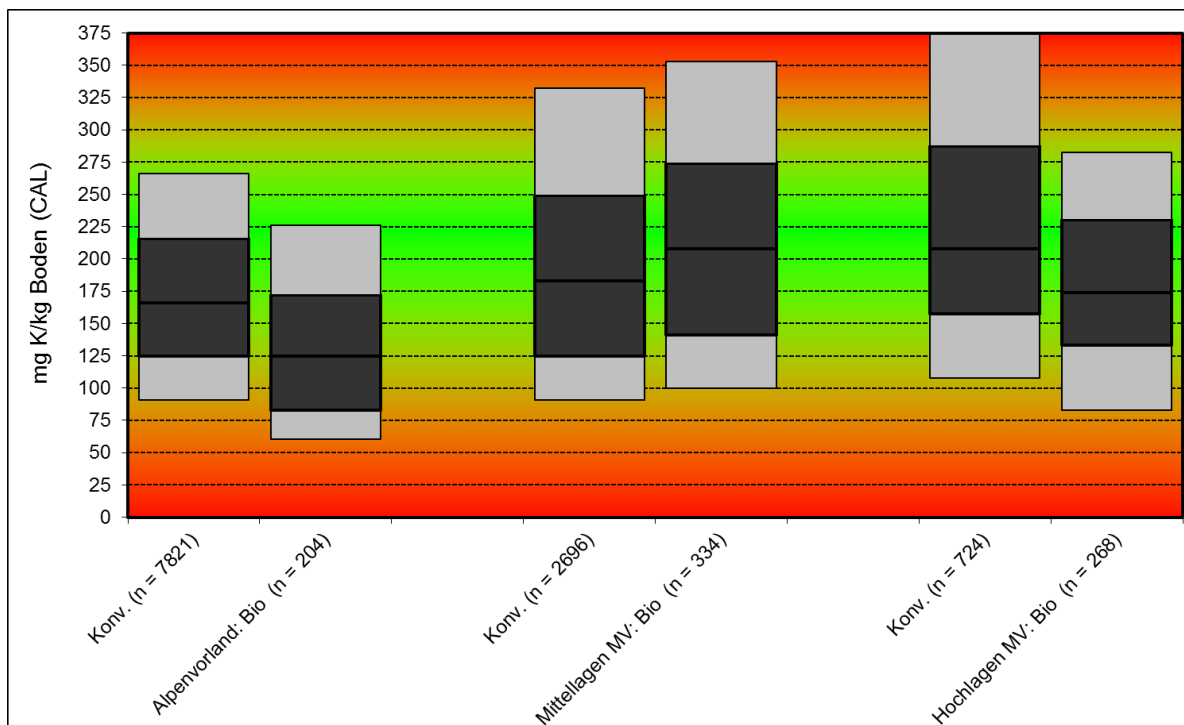


Abbildung 3: K-CAL-Gehalt (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.

Der Säuregrad der oberösterreich. Ackerböden wird stärker vom bodenbildenden Ausgangssubstrat geprägt als durch die Bewirtschaftung. Die mittleren pH-Werte im Mühlviertel liegen um 5,7 – 5,8, im Alpenvorland um 6,1 bis 6,3. In dieser Region ist der mittlere pH-Wert bei „Konv“ um 0,14 höher als bei „Bio“, was auch auf den höheren Anteil kalkbedürftiger Kulturen wie Raps oder Zuckerrübe im konv. Ackerbau zurückgeführt werden kann. Im Mühlviertel sind die Unterschiede max. 0,10 pH-Einheiten (Tabelle 44). Die Streuung der Werte ist insgesamt geringer, deshalb werden die knappen Differenzen als signifikant bewertet. Wegen des großen geogenen Einflusses auf diesen Parameter erfolgt keine weitere Interpretation.

Tabelle 44: pH-Wert (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

pH-Wert		n	MW	s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	
Alpenvorland	Konv	7821	6,26	b	0,60	5,50	5,90	6,30	6,70	7,00
	Bio	204	6,10	a	0,52	5,32	5,77	6,10	6,40	6,70
Mittellagen Mühlviertels	Konv	2696	5,75	a	0,48	5,17	5,40	5,70	6,03	6,34
	Bio	334	5,82	b	0,39	5,32	5,53	5,80	6,10	6,31
Hochlagen des Mühlviertels	Konv	724	5,69	b	0,40	5,20	5,40	5,70	5,90	6,20
	Bio	268	5,59	a	0,37	5,10	5,33	5,60	5,80	6,00

Die folgende Abbildung 4 veranschaulicht den regionalen Einfluss des Boden bildenden Ausgangsmaterials auf den Säuregrad im Mühlviertel und den der Bewirtschaftungssysteme im Alpenvorland.

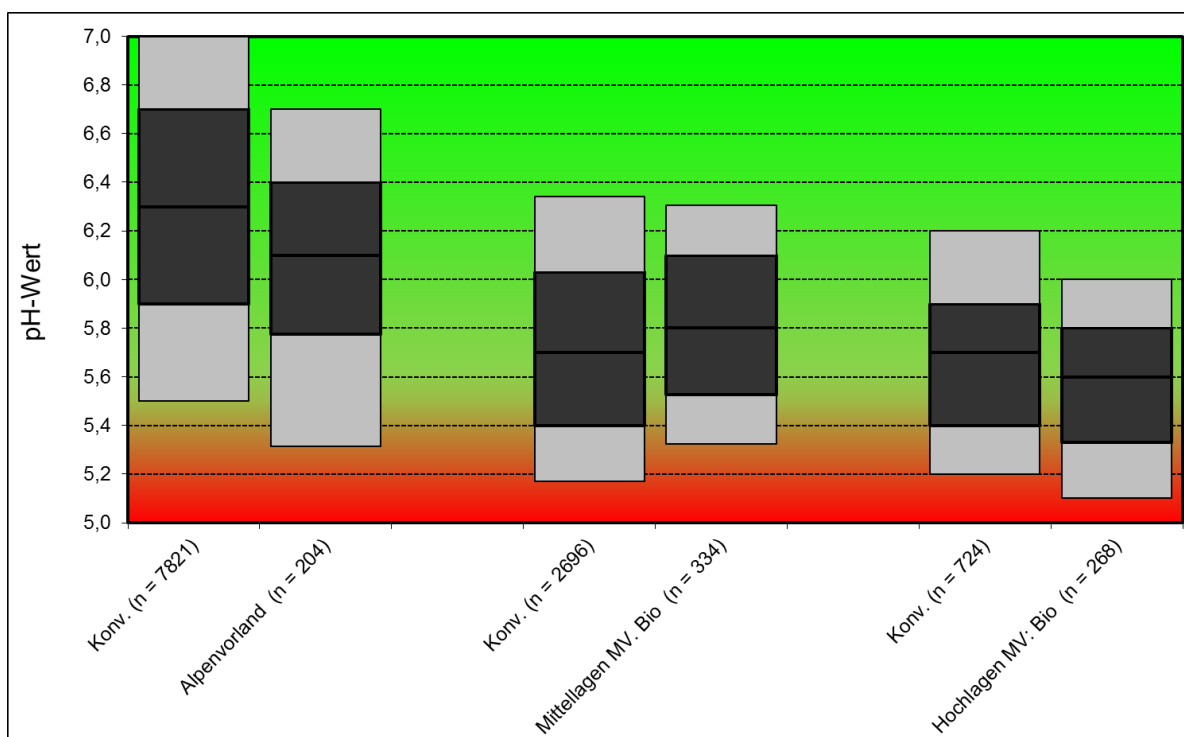


Abbildung 4: pH-Wert (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.

Von den Grünlandflächen konnten vier Regionen mit relevanten Bodenprobenanzahlen beider Systeme ausgewählt werden: Die HPG Alpenvorland und Voralpen sowie die KPG des Mühlviertels. Beim Humusgehalt sind in den Regionen Voralpen und Mittellagen des Mühlviertels keine signifikanten Unterschiede gemessen worden, in den Hochlagen des Mühlviertels ist bei den „Bio-“, – Grünlandflächen der Humusgehalt signifikant höher (+0,82%), im Alpenvorland signifikant niedriger (-77%). Hinzuweisen ist generell auf die großen Bandbreiten der Gehalte, vor allem der Anteil sehr hoher Werte ist hoch und beeinflusst daher den Mittelwert markant. Beim Median (Q50) sind die Unterschiede geringer und betragen max. bis zu 0,3% (Tabelle 45).

Tabelle 45: Humusgehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

Humusgehalt in %		n	MW	s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	
Alpenvorland	Konv	1121	6,20	b	4,02	3,50	4,40	5,60	6,90	8,30
	Bio	73	5,43	a	1,61	3,50	4,25	5,30	6,40	7,42
Voralpen	Konv	378	8,23	a	3,62	5,30	6,00	7,30	9,30	11,75
	Bio	105	8,08	a	3,00	4,86	6,20	7,60	9,40	10,92
Mittellagen des Mühlviertel	Konv	1425	5,68	a	1,86	3,50	4,40	5,50	6,80	7,99
	Bio	229	5,76	a	1,90	3,60	4,41	5,60	7,00	7,98
Hochlagen des Mühlviertels	Konv	687	6,78	a	3,32	3,68	4,80	6,40	7,90	10,02
	Bio	208	7,60	b	4,71	3,60	5,00	6,60	9,25	11,57

In drei der vier ausgewählten Regionen sind die mittleren P-CAL-Gehalte (Mittelwert, Median) auf den „Bio-„Flächen signifikant um 4 – 9 mg/kg niedriger, in den Hochlagen des Mühlviertels liegt kein relevanter Unterschied vor, auch der Median ist mit 30 mg P/kg bei beiden Systemen ident (Tabelle 46). Insbesondere in den Voralpen sind die Gehalte sehr niedrig, die meisten Flächen sowohl „Bio“ als auch „Konv“ befinden sich in dieser Gehaltsstufe A (kleiner 26 mg P-CAL/kg).

Tabelle 46: P-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

mg P/ kg (CAL)		n	MW		s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90
Alpenvorland	Konv	1152	33	b	25	16	22	31	39	52
	Bio	73	28	a	16	13	17	22	35	53
Voralpen	Konv	378	28	b	26	13	17	22	31	48
	Bio	105	19	a	11	9	13	17	22	26
Mittelagen des Mühlviertel	Konv	1448	34	b	22	15	22	31	39	54
	Bio	236	30	a	18	13	17	26	35	52
Hochlagen des Mühlviertels	Konv	719	34	a	24	17	22	30	39	52
	Bio	208	32	a	16	14	22	30	39	55

Hinsichtlich Kalium hingegen ist die Versorgung auch in den Voralpen zumeist ausreichend (Stufe C: 88 – 170 mg/kg), weiteres mit einem hohen Anteil (über 25%) hoch versorgter Flächen (Stufe D: 171 – 332 mg/kg). Nur in dieser Region liegt ein signifikant höherer Gehaltswert bei „Konv“ vor (+11 mg/kg). In den anderen Regionen sind keine signifikanten Unterschiede ermittelt worden, im Mühlviertel sind die Gehalte überwiegend in der hohen Gehaltsstufe D (Tabelle 47), so wie bei den Ackerflächen.

Tabelle 47: K-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

mg K/ kg (CAL)		n	MW		s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90
Alpenvorland	Konv	1152	154	a	82	75	100	133	191	257
	Bio	73	152	a	63	86	104	133	187	246
Voralpen	Konv	378	167	b	69	99	125	154	199	257
	Bio	105	156	a	73	91	108	149	179	241
Mittelagen des Mühlviertel	Konv	1448	221	a	120	91	133	198	282	398
	Bio	236	213	a	123	99	140	183	257	376
Hochlagen des Mühlviertels	Konv	719	239	a	122	108	158	216	299	398
	Bio	208	223	a	126	91	133	180	282	398

Die Säuregrade konventioneller und biologisch bewirtschafteter Grünlandflächen unterscheiden sich nicht signifikant, die mittleren Differenzen liegen in einem sehr engen Bereich bis zu 0,08 pH-Einheiten. Auch die Verteilungen nach Perzentilen sind nahezu deckungsgleich (Tabelle 56).

Tabelle 48: pH-Wert (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ

pH-Wert		n	MW	s	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	
Alpenvorland	Konv	1152	5,88	a	0,53	5,30	5,50	5,80	6,20	6,62
	Bio	73	5,96	a	0,38	5,50	5,60	5,90	6,20	6,52
Voralpen	Konv	378	6,17	a	0,57	5,49	5,78	6,10	6,60	7,00
	Bio	105	6,17	a	0,58	5,40	5,80	6,10	6,60	6,90
Mittelagen des Mühlviertel	Konv	1448	5,62	a	0,40	5,10	5,39	5,60	5,83	6,10
	Bio	236	5,64	a	0,40	5,17	5,30	5,60	5,90	6,19
Hochlagen des Mühlviertels	Konv	719	5,57	a	0,36	5,10	5,30	5,59	5,80	6,00
	Bio	208	5,53	a	0,36	5,10	5,30	5,50	5,80	6,01

Vor weiteren Detailauswertungen wurde überprüft, ob mit der Einbeziehung auch von „Bio“-Proben von den Betrieben, die teilweise erst seit einigen Jahren umgestellt haben, sich die soeben präsentierten Auswertungsergebnisse ändern, insbesondere beim Humusgehalt: Auf Ackerland blieb die Differenz des Humusgehaltes bei Einbeziehung aller „Bioproben“ unverändert, in den Mittellagen des Mühlviertels verminderte sich der Gehalt um -0,15% und in den Hochlagen des Mühlviertels erhöhte sich der Gehalt +0,08%. Auch auf Grünland ergaben sich keine markanten Veränderungen des Humusgehaltes bei Einbeziehung aller „Bioproben“, und auch keinen einheitlichen Trend. Die mittleren P-CAL-Gehalte (Mittelwert, Median) blieben nahezu unverändert.

Für die folgenden weiteren Detailauswertungen mit Einbeziehung weiterer betrieblicher Parameter (Kulturarten auf Ackerland, Viehbesatz, ...) wurden daher alle verfügbaren Bodendaten einbezogen, d.h. bei „Bio“ auch die Ergebnisse der Bodenproben der erst innerhalb der letzten 8 Jahre umgestellten Betriebe.

Bei einem Vergleich zwischen den unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen geht es nicht nur um einzelne Boden-Parameter, wie z.B. den Humusgehalt, sondern um die Einbeziehung möglichst aller relevanter Bewirtschaftungsdaten eines Betriebes. Verfügbar über die INVEKOS-Datenbank sind die Betriebsgröße, der Anteil von Acker- und Grünland, die Kulturartenverteilung auf Ackerland, die GVE pro Betrieb und daher auch die GVE/ha, der Anteil der Tierkategorien am GVE-Bestand des Betriebes und die flächenmäßige Teilnahme an den ÖPUL-Maßnahmen „Begrünung von Ackerflächen“, „Mulch- und Direktsaat“, „Umweltgerechte Bewirtschaftung auf Acker- und Grünland“ und „Verzicht auf Betriebsmittel auf Grünland“ und „Biologische Wirtschaftsweise“. Auf die fünf genannten Maßnahmen entfielen etwa 54% der gesamten Leistungsabteilung des Agrarumweltprogramms oder etwa 80% der Leistungsabteilung für Acker- und Grünland im Jahr 2009.

In den folgenden Tabellen wurden daher von allen Bodenparameter und den dazugehörigen Bewirtschaftungsdaten sowie den Anteilen der ÖPUL-Flächen die wesentlichen statistischen Kenngrößen wie Mittelwert, Standardabweichung sowie die Quartile angegeben. In der 2. Spalte unter P (Probability) ist die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art bei der Feststellung eines statistisch signifikanten Unterschiedes zwischen konventioneller und biologischer Bewirtschaftung angegeben. Bis zu einem P von < 0,05 wird der Unterschied als signifikant bewertet.

Die Tabellen ermöglichen die gemeinsame Erfassung aller Bewirtschaftungsdaten, die auf die Ausprägung der Bodenparameter einwirken. Zugleich können auf dieser Basis kausale Erklärungen für die Unterschiede der Bodenparameter gefunden werden.

5.2 Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten

Die Darstellung nach Regionen wurde gewählt, weil sich die Bodenparameter zumeist nach HPG und KPG signifikant unterscheiden. Die Repräsentativität der Probenanzahl für die einzelnen Regionen wurde unter Kapitel 2 im Detail erörtert.

Im **Alpenvorland** ist beim pH-Wert kein Unterschied, die pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalte sind bei biologischer Bewirtschaftung signifikant niedriger, der um 0,13% höhere Humusgehalt bei „Bio“ wird als signifikant ausgewiesen (Tabelle 49).

Tabelle 49: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen im Alpenvorland

Bodenproben von Ackerflächen		Alpenvorland									
		Konv. Bew. (n=7721)					Biolog. Bew. (n=453)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	0,692	6,26	0,60	5,90	6,30	6,70	6,27	0,61	5,90	6,30	6,70
Humusgehalt in %	0,013	3,26	1,03	2,60	3,10	3,60	3,39	1,16	2,70	3,20	3,70
Phosphor in CAL (in mg/kg)	0,000	54,3	33,5	31,0	48,0	70,0	41,6	28,9	22,0	35,0	48,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	0,000	173	73	125	166	216	141	61	99	133	174
Landw. Nutzfläche (ha)	0,000	32,2	19,3	19,0	29,4	41,0	25,6	19,2	12,1	19,3	35,7
GL an LF in %	0,000	18,0	20,0	3,2	8,6	28,8	28,3	23,0	5,6	28,5	42,6
Feldfutter/Ackerfläche in %	0,000	6,7	11,9	0,0	0,0	10,1	29,8	22,5	13,3	26,2	40,4
Getreide/Ackerfläche in %	0,013	46,3	14,4	37,0	47,3	55,9	51,3	17,1	42,4	49,9	63,3
K-Mais incl. CCM/Acker in %	0,000	21,5	18,3	0,0	22,1	35,4	4,8	9,6	0,0	0,0	10,4
Silomais/Ackerfläche in %	0,000	8,1	13,6	0,0	0,0	15,2	1,6	4,6	0,0	0,0	0,0
Mais gesamt/Ackerfläche %	0,000	29,6	15,0	21,1	29,6	39,5	6,4	10,3	0,0	0,0	13,0
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	0,000	0,7	3,3	0,0	0,0	0,0	6,8	9,4	0,0	0,0	13,4
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	0,858	1,7	5,6	0,0	0,0	0,0	1,4	4,2	0,0	0,0	0,2
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	0,000	11,3	11,7	0,0	10,2	21,3	2,2	5,4	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	0,000	76,0	15,4	69,4	74,0	85,9	57,8	17,0	48,9	60,0	68,8
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %	0,000	7,5	12,3	0,0	0,0	11,7	36,6	19,3	25,7	34,5	47,9
Rinder/GVE-gesamt in %	0,000	35,2	45,1	0,0	0,0	98,8	51,0	47,1	0,0	62,2	99,9
Schweine/GVE-gesamt in %	0,000	42,1	46,7	0,0	1,5	100,0	11,7	28,7	0,0	0,0	0,0
GVE-gesamt/ha LF	0,000	1,18	0,8	0,6	1,3	1,7	0,70	0,5	0,1	0,7	1,2
Begrünung/Ackerfläche in %	0,045	36,5	11,2	32,8	39,3	40,0	38,0	10,1	35,4	39,9	40,0
Mulch- u. Direktsaat/Acker %	0,000	16,0	15,4	0,0	15,5	28,1	6,0	11,9	0,0	0,0	7,5
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	56,3	50,9	0,0	98,3	100,0	-	-	-	-	-

Alle signifikant unterschiedlichen Bodenparameter bzw. Bewirtschaftungsdaten sind zur Verbesserung der Übersichtlichkeit über die ganze Zeile in allen Tabellen mit Vergleichsdaten zwischen biologischer und konventioneller Bewirtschaftung hellgrau markiert.

Fast alle weiteren Bewirtschaftungsdaten unterscheiden sich signifikant: Die Feldfutterflächen (darin ist Silomais nicht enthalten, dieser wird gesondert ausgewiesen) haben bei „Konv“ einen Anteil von 7%, bei „Bio“ von 30%, der Ölfrüchteanteil (v.a. Raps und Soja) liegt bei 11% bei „Konv“ gegenüber 2% (v.a. Soja) bei „Bio“.

Auch der Viehbestand unterscheidet sich deutlich, sowohl bezüglich Dichte (1,18 vs. 0,70 GVE-Ges./ha LN) als im Schweineanteil (42% vs. 12%). Wegen des Verzichts auf mineral. P- und K-Dünger sind die niedrigeren Werte plausibel, die unterschiedliche Betriebsstruktur, siehe z.B. Maisanteil, hätte eine größere Differenzierung des Humusgehaltes erwarten lassen.

Bei der Teilnehmerate an Mulch- und Direktsaat ist „Konv“ mit 16% vs. 6% deutlich höher, weil für diese Maßnahme bei dem hohen Maisanteil mehr potentielle Flächen dafür zur Verfügung stehen. An „UBAG“ nehmen 56% der untersuchten konventionellen Betriebsflächen teil.

Ausgehend vom hohen Rinderanteil im **Mühlviertel** von fast 90% in der Tierhaltung wird auf den Ackerflächen vor allem Getreide und Feldfutter kultiviert, beim konv. Landbau kommt noch Silomais dazu.

Der Feldfutteranteil ist bei „Bio“ um über 22% höher und erreicht fast 50% der Ackerfläche, der Maisanteil liegt bei nur 2% gegenüber 20% bei „Konv“. Der GVE-Bestand/ha liegt bei „Konv“ bei 1,29 vs. 1,06 bei „Bio“ (Tabelle 50).

Im **Mühlviertel** liegt bei „Bio“ ein um +0,40% signifikant höherer Humusgehalt vor. Diese hohe Differenz kommt auch dadurch zustande, dass die „Bioproben“ aus den Hochlagen überrepräsentiert sind; auf der Ebene der KPG ist die Differenz geringer. Der P-CAL-Gehalt ist signifikant um 11 mg/kg niedriger bei „Bio“. pH-Wert und K-CAL-Gehalt sind nahezu gleich, was durch die Bedeutung des sauren, viel Kalium freisetzenden Ausgangssubstrat für diese Region erklärt werden kann. Der UBAG-Anteil an den konv. Ackerflächen liegt bei 84%. Der Begrünungsanteil (36% bei „Konv“ u. 38% bei „Bio“) ist durch den hohen Feldfutterbau (27% bei „Konv“ u. 49% bei „Bio“) hoch. Mulch- und Direktsaat hat nur bei „Konv“ mit 4% eine gewisse Bedeutung.

Tabelle 50: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen im Mühlviertel

Bodenproben von Ackerflächen		Mühlviertel									
		Konv. Bew. (n= 3395)					Biolog. Bew. (n=876)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	0,178	5,73	0,46	5,40	5,70	6,00	5,71	0,40	5,40	5,70	6,00
Humusgehalt in %	0,000	3,62	1,35	2,70	3,40	4,30	4,02	1,78	2,90	3,70	4,70
Phosphor in CAL (in mg/kg)	0,000	50,4	32,3	31,0	44,0	61,0	39,4	25,7	22,0	33,0	48,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	0,125	206	102	132	190	257	213	107	137	191	266
Landw. Nutzfläche (ha)	0,756	26,2	12,3	17,1	24,2	33,6	26,1	17,0	14,5	21,8	32,4
GL an LF in %	0,010	48,6	17,6	40,3	50,8	60,2	53,1	18,0	41,6	55,6	65,3
Feldfutter/Ackerfläche in %	0,000	26,7	17,5	16,2	25,8	34,3	49,1	20,8	32,2	48,0	62,4
Getreide/Ackerfläche in %	0,085	45,6	16,4	36,7	46,3	54,5	44,3	18,8	32,6	47,3	58,3
K-Mais incl. CCM/Acker in %	0,000	2,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,1	1,4	0,0	0,0	0,0
Silomais/Ackerfläche in %	0,000	17,8	14,6	0,0	18,8	27,3	1,7	4,3	0,0	0,0	0,0
Mais gesamt/Ackerfläche %	0,000	19,8	14,9	6,7	20,5	28,6	1,8	4,8	0,0	0,0	0,0
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	0,005	1,1	4,4	0,0	0,0	0,0	2,2	6,0	0,0	0,0	0,0
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	0,466	1,4	5,2	0,0	0,0	0,6	1,6	5,1	0,0	0,5	1,5
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	0,006	1,9	5,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	0,000	65,5	16,8	58,9	68,9	73,4	46,0	19,2	32,6	47,9	61,1
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %	0,000	27,8	17,5	20,6	26,1	34,6	51,3	19,7	35,8	50,2	64,3
Rinder/GVE-gesamt in %	0,573	88,3	29,1	97,6	99,5	100,0	86,8	30,2	95,6	99,1	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	0,009	4,6	17,5	0,0	0,0	0,9	1,9	8,3	0,0	0,0	1,1
GVE-gesamt/ha LF	0,000	1,29	0,5	1,1	1,3	1,6	1,06	0,4	0,9	1,1	1,3
Begrünung/Ackerfläche in %	0,006	36,5	9,2	37,0	40,0	40,0	38,3	8,7	37,8	40,0	40,0
Mulch- u. Direktsaat/Acker %	0,000	4,2	9,4	0,0	0,0	0,0	0,4	2,8	0,0	0,0	0,0
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	83,6	37,3	99,7	100,0	100,0	-	-	-	-	-

Die Probenanzahl aus dem HPG **Voralpen** ist niedrig, daher sind weniger der untersuchten Boden- und Bewirtschaftungsparameter signifikant: pH-Wert und Humusgehalt sind bei „Bio“ deutlich höher, der Humusgehalt um über 2,5% (Tabelle 51), der P-Gehalt ist signifikant niedriger und liegt in der niedrigen Stufe A (<26 mg/kg). Im Schnitt haben die „Bio-Betriebe“ nur einen Ackeranteil an der LN von 18%. Darauf wird zu zwei Drittel Feldfutter gebaut, den Rest teilen sich Getreide und Silomais. Die konv. Ackerflächen machen etwa ein Drittel der LN der Betriebe aus, knapp 40% der Äcker sind Feldfutterflächen, den Rest teilen sich Getreide und Silomais. Der GVE-Bestand ist mit 1,43 GVE/ha bei „Konv“ höher, der Datenpool von „Bio“ ist jedoch nicht repräsentativ für Verallgemeinerungen. Vorrangig dürfte die unterschiedliche Höhenlage zu der großen Differenz beim Humusgehalt beitragen, was Auswertungen auf Gemeinde- oder Schlägebene erforderlich machen würde.

Tabelle 51: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen in den Voralpen

Bodenproben von Ackerflächen		Voralpen									
		Konv. Bew. (n=58)					Biolog. Bew. (n=11)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	0,023	6,04	0,66	5,60	6,30	6,50	6,55	0,54	6,30	6,80	7,00
Humusgehalt in %	0,000	4,49	1,67	3,30	4,00	5,20	6,91	2,16	6,00	7,50	9,00
Phosphor in CAL (in mg/kg)	0,037	62,3	66,2	17,0	35,0	79,0	19,1	97,2	9,0	13,0	35,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	0,103	187	79	134	174	232	142	104	83	125	232
Landw. Nutzfläche (ha)	0,408	29,3	16,6	20,9	27,5	43,6	24,3	7,5	18,2	24,3	31,6
GL an LF in %	0,464	67,7	26,2	49,6	73,9	84,7	82,2	17,8	64,4	82,4	100,0
Feldfutter/Ackerfläche in %	0,003	38,1	20,9	25,8	35,1	40,4	65,9	16,7	59,1	59,1	69,3
Getreide/Ackerfläche in %	0,314	25,7	21,2	0,0	31,1	46,5	16,8	8,2	15,1	20,1	20,1
K-Mais incl. CCM/Acker in %	0,282	7,4	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silomais/Ackerfläche in %	0,214	26,8	23,5	0,0	23,1	44,5	14,6	7,2	13,1	17,5	17,5
Mais gesamt/Ackerfläche %	0,025	34,2	20,5	22,1	36,6	50,8	14,6	7,2	13,1	17,5	17,5
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	n.m.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	0,000	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	2,7	1,3	2,5	3,3	3,3
Öfrüchte/Ackerfläche in %	n.m.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	0,002	59,9	20,9	57,5	62,8	71,6	31,4	15,4	28,2	37,6	37,6
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %	0,003	38,1	20,9	25,8	35,1	40,4	65,9	16,7	59,1	59,1	69,3
Rinder/GVE-gesamt in %	0,385	85,1	40,6	51,3	99,4	100,0	97,2	5,9	99,3	99,3	99,3
Schweine/GVE-gesamt in %	0,424	8,7	28,0	0,0	0,0	0,5	0,9	0,7	0,0	1,1	1,6
GVE-gesamt/ha LF	0,068	1,43	0,5	1,1	1,3	1,7	0,94	0,8	0,0	14	1,6
Begrünung/Ackerfläche in %	0,649	36,3	16,1	33,0	40,0	40,1	40,0	0,0	40,0	40,0	40,1
Mulch- u. Direktsaat/Acker %	0,252	2,9	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	81,2	39,4	100,0	100,0	100,0	-	-	-	-	-

5.3 Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Acker nach KPG

Im **Grieskirchen- Kremsmünster Gebiet** weisen die „Bioflächen“ einen um 0,13% höheren, nicht signifikanten Humusgehalt auf. Die P-CAL und K-CAL-Werte sind signifikant niedriger als bei „Konv“ (Tabelle 52). Bei den Biobetrieben werden 28% der Ackerfläche mit Feldfutter bestellt, der Maisanteil ist gering mit 9%. Auf den konv. Flächen liegt der Maisanteil bei 31% und Feldfutter bei 5%, der Viehbestand ist sehr unterschiedlich („Konv“ 1,31 GVE/ha vs. „Bio“ 0,66 GVE/ha). Die Begrünungsanteile liegen über 35%, Mulch- und Direktsaat bei „Konv“ 16% und bei „Bio“ 11%. Nur 40% der konventionell bew. Ackerflächen nehmen an UBAG teil.

Tabelle 52: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Grieskirchen-Kremsmünster Gebiet

Bodenproben von Ackerflächen		Grieskirchen- Kremsmünster Gebiet									
		Konv. Bew. (n=2977)					Biolog. Bew. (n=156)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,130	6,26	0,5	5,9	6,3	6,6	6,19	0,4	5,9	6,2	6,5
Humusgehalt in %	,102	3,29	0,9	2,7	3,2	3,7	3,42	1,2	2,6	3,1	3,9
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,001	57,6	32,7	35,0	52,0	74,0	49,1	35,8	26,0	39,0	65,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,000	189	72	141	183	230	161	61,2	116	158	199
Landw. Nutzfläche (ha)	,000	31,6	17,9	19,1	28,9	41,3	20,6	10,3	11,8	16,4	31,2
GL an LF in %	,000	15,4	17,2	3,5	8,4	21,8	26,6	22,2	8,1	14,4	38,7
Feldfutter/Ackerfläche in %	,000	5,2	10,8	0,0	0,0	4,7	27,9	20,2	15,8	21,4	39,7
Getreide/Ackerfläche in %	,212	49,2	13,4	40,4	49,6	57,8	50,3	16,0	39,4	47,2	65,2
K-Mais incl. CCM/Acker in %	,000	25,5	17,6	11,5	27,1	38,4	7,8	12,3	0,0	0,0	15,7
Silomais/Ackerfläche in %	,001	5,7	12,4	0,0	0,0	0,0	1,0	3,2	0,0	0,0	0,0
Mais gesamt/Ackerfläche in %	,000	31,3	14,7	21,4	30,9	41,1	8,8	12,3	0,0	0,0	15,7
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	,000	0,7	4,0	0,0	0,0	0,0	6,9	6,8	0,0	0,0	13,7
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	,025	0,7	3,5	0,0	0,0	0,0	2,2	4,5	0,0	0,0	1,0
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	,000	10,5	10,8	0,0	9,3	19,6	1,5	3,4	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	,000	80,4	13,8	72,0	78,3	91,0	59,2	18,7	50,0	63,0	68,9
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker in %	,000	5,9	11,7	0,0	0,0	6,8	34,8	17,3	23,9	31,5	44,5
Rinder/GVE-gesamt in %	,000	24,8	40,6	0,0	0,0	43,8	39,6	46,2	0,0	0,00	98,5
Schweine/GVE-gesamt in %	,000	55,9	46,1	0,0	80,1	100,0	16,1	26,9	0,0	0,0	14,5
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,31	0,8	0,8	1,4	1,8	0,66	0,5	0,2	0,7	1,1
Begrünung/Ackerfläche in %	,063	35,3	10,2	31,6	38,2	40,0	38,0	7,4	34,2	40,0	40,0
Mulch- u. Direktsaat/Acker in %	,000	15,8	14,7	0,0	15,0	27,2	10,7	15,7	0,0	0,0	15,9
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	41,8	48,8	0,0	0,0	100,0					

Im **Oberen Innviertel** unterscheiden sich die Bodenparameter nur beim P-CAL-Gehalt signifikant (um 14 mg P/kg niedriger bei „Bio“). Die Betriebsstruktur unterscheidet sich in diesem KPG nicht so deutlich wie in anderen KPG: Die Rinderhaltung dominiert, der Tierbestand ist bei „Konv“ mit 1,26 GVE/ha deutlich höher als bei „Bio“ mit 0,80 GVE/ha (Tabelle 53). Der Feldfutteranteil beträgt auch bei „Konv“ 16% vs. 29% bei „Bio“. Der Humusgehalt weist eine hohe Streuung auf, deshalb ist der Unterschied von 0,26% nicht signifikant, es dürfte ein relevanter Anteil von Feldfutterflächen beprobt worden sein. Der Maisanteil ist bei „Konv“ mit 28% sehr hoch, davon 18% Silomais. Die Begrünungsanteile sind gleich, der UBAG-Anteil am Ackerland ist mit über 66% hoch. Mulch- und Direktsaat spielen bei den teilnehmenden Betrieben keine Rolle.

Tabelle 53: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG oberes Innviertel

Bodenproben von Ackerflächen		Oberes Innviertel									
		Konv. Bew. (n=637)					Biolog. Bew. (n=53)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,073	5,87	0,6	5,5	5,9	6,2	6,01	0,6	5,6	6,0	6,3
Humusgehalt in %	,251	3,53	1,6	2,7	3,2	3,9	3,79	1,3	3,0	3,5	4,1
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,001	42,5	31,5	23,2	35,1	52,0	28,5	17,3	14,2	25,7	34,7
Kalium in CAL (in mg/kg)	,224	118	58	72	108	149	108	62	59	98	145
Landw. Nutzfläche (ha)	,486	31,5	14,4	19,1	29,0	38,7	30,1	17,9	16,4	22,2	39,6
GL an LF in %	,234	41,2	23,5	22,8	45,4	60,7	39,0	25,2	16,1	33,6	63,9
Feldfutter/Ackerfläche in %	,000	16,0	14,1	2,2	15,9	25,0	29,0	20,5	10,0	24,8	48,6
Getreide/Ackerfläche in %	,009	45,2	14,2	36,6	44,9	51,5	56,5	17,9	49,2	49,7	68,3
K-Mais incl. CCM/Acker in %	,000	9,6	14,8	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silomais/Ackerfläche in %	,000	18,3	14,9	0,0	18,7	28,0	2,4	4,6	0,0	0,0	8,6
Mais gesamt/Ackerfläche in %	,000	28,3	13,6	19,6	27,5	34,0	2,4	4,6	0,0	0,0	8,6
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	,000	0,9	3,4	0,0	0,0	0,0	6,1	7,7	0,0	14,1	16,4
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	,694	0,2	0,5	0,0	0,0	0,1	0,5	0,8	0,0	0,0	0,0
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	,016	7,8	10,0	0,0	0,0	13,9	3,6	7,2	0,0	0,0	7,8
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	,000	72,9	12,7	67,0	73,1	78,2	58,9	17,5	49,2	58,6	68,3
Eiweißpfl.+Feldfutter/Ackern %	,000	16,8	14,0	2,3	17,2	25,4	35,1	19,5	20,6	26,4	50,6
Rinder/GVE-gesamt in %	,024	79,5	38,5	94,1	99,8	100,0	62,1	47,1	0,0	97,8	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	,017	6,7	23,4	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	0,0	0,0	0,0
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,26	0,6	1,1	1,4	1,6	0,80	0,6	0,0	0,9	1,3
Begrünung/Ackerfläche in %	,285	36,2	9,6	35,5	39,9	40,0	34,3	12,7	36,5	39,0	40,0
Mulch- u. Direktsaat/Acker %	n.m.	2,8	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	66,4	47,8	0,0	100,0	100,0					

Die betriebliche Ausrichtung weist im **OÖ. Zentralraum** die größte Bandbreite auf, von reinen Marktfruchtbetrieben bis hin zu überwiegend Schweine oder Rinder haltenden Betrieben mit einem GVE-Bestand bis über 1,6 GVE/ha. Bezüglich Tierbestand dominiert bei „Konv“ die Schweinehaltung, bei „Bio“ die Rinderhaltung mit niedrigerer Intensität. Fast alle Bewirtschaftungsdaten unterscheiden sich daher signifikant zw. „Bio“ und „Konv“: Feldfutter- und Getreideanteil bei sind „Bio“ signifikant höher, Mais- und Ölfrüchteanbau sowie GVE-Bestand/ha sind bei „Konv“ sign. höher. Bei den Bodenparametern liegen signifikant niedrigere P- und K-CAL-Gehalte bei „Bio“ vor, die pH-Werte sind gleich, der um 0,09% höhere Humusgehalt bei „Bio“ ist nicht signifikant (Tabelle 54). Die Teilnahmeraten an „Begrünung von Ackerflächen“ sind gleich hoch, bei Mulch- und Direktsaat sind diese bei „Konv“ um 17% höher, weil vor allem Mais mit Mulchsaat angebaut werden kann. Wegen der niedrigen Intensität in der Tierhaltung ist die UBAG-Teilnahme der konv. Betriebe mit fast 80% hoch.

Tabelle 54: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Oberösterreich. Zentralraum

Bodenproben von Ackerflächen		Oberösterreichischer Zentralraum									
		Konv. Bew. (n=2239)					Biolog. Bew. (n=145)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,530	6,59	0,5	6,3	6,6	6,9	6,62	0,5	6,2	6,6	7,0
Humusgehalt in %	,292	3,10	1,0	2,5	2,9	3,4	3,19	1,0	2,7	3,0	3,4
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,000	57,4	34,4	34,0	52,0	74,0	41,8	24,4	26,0	35,0	50,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,001	182	76	133	174	224	135	57	96	125	158
Landw. Nutzfläche (ha)	,018	30,3	19,1	17,4	28,3	39,0	24,2	17,2	9,5	19,3	33,4
GL an LF in %	,000	8,8	12,7	1,7	3,9	10,8	20,2	18,1	2,6	15,9	34,6
Feldfutter/Ackerfläche in %	,000	4,0	11,4	0,0	0,0	0,4	25,3	21,5	2,1	25,6	38,5
Getreide/Ackerfläche in %	,000	42,8	15,9	31,8	44,2	53,5	52,4	14,7	41,8	50,0	63,8
K-Mais incl. CCM/Acker in %	,000	24,5	18,2	8,9	24,6	36,7	3,8	8,8	0,0	0,0	0,0
Silomais/Ackerfläche in %	,164	2,7	8,3	0,0	0,0	0,0	1,6	5,1	0,0	0,0	0,0
Mais gesamt/Ackerfläche in %	,000	27,3	17,2	16,8	27,5	38,4	5,4	10,6	0,0	0,0	0,0
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	,000	0,6	2,7	0,0	0,0	0,0	10,4	12,3	0,0	0,0	14,2
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	,029	4,5	8,6	0,0	0,0	8,3	1,6	5,9	0,0	0,0	0,3
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	,000	14,7	13,3	0,0	14,7	23,6	2,2	5,7	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. in %	,000	70,1	17,3	63,5	71,4	74,5	57,8	13,5	48,8	61,3	68,5
Eiweißpfl.+Feldfutter/Ackern %	,000	4,6	12,5	0,0	0,0	2,3	35,7	16,9	25,5	36,1	49,6
Rinder/GVE-gesamt in %	,000	16,8	36,4	0,0	0,0	0,0	41,2	46,1	0,0	0,0	98,6
Schweine/GVE-gesamt in %	,000	45,8	48,3	0,0	3,4	100,0	16,1	34,4	0,0	0,0	2,4
GVE-gesamt/ha LF	,029	0,94	0,9	0,0	0,9	1,6	0,60	0,6	0,0	0,5	1,2
Begrünung/Ackerfläche in %	,352	38,7	11,4	33,0	39,9	45,0	40,8	9,9	34,5	39,9	47,4
Mulch- u. Direktsaat/Acker %	,000	23,6	15,9	12,9	24,6	33,2	6,2	12,4	0,0	0,0	10,8
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	79,3	42,6	93,8	99,8	100,0					

Der Datenumfang aus dem KPG **Rieder Gebiet** entspricht genau den jeweiligen Anteilen an der Bewirtschaftungsform von etwa 4,7% Bioanteil, die meisten Betriebe haben in den letzten 8 Jahren umgestellt. Bei den Bodenparametern sind der Humusgehalt um 0,13% (n.s.) und der pH-Wert bei „Bio“ höher, P-CAL und K-CAL bei „Bio“ signifikant niedriger (Tabelle 55).

Die meisten Bewirtschaftungsdaten unterscheiden sich signifikant. Die Rinderhaltung dominiert im Rieder Gebiet (bei „Bio“ mit 74%, bei „Konv“ 58%). Der GVE-Besatz ist bei „Bio“ mit 0,8 GVE/ha um 0,5 GVE/ha markant niedriger. Große Unterschiede liegen auch bei den Kulturarten vor: Feldfutteranteil 9% vs. 33%, Maisanteil 31% vs. 8%, Ölfrüchte 10% bei „Konv“ vs. 3% bei „Bio“. Die Begrünungsanteile sind gleich bei 34%. Mulch- und Direktsaat hat nur bei „Konv“ mit 11% Bedeutung. 46% der konv. Ackerfläche nimmt an „UBAG“ teil.

Tabelle 55: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Rieder Gebiet

Bodenproben von Ackerflächen		Rieder Gebiet									
		Konv. Bew. (n=1483)					Biolog. Bew. (n=71)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,036	6,02	0,6	5,6	6,0	6,4	6,17	0,7	5,6	6,0	6,7
Humusgehalt in %	,279	3,36	0,9	2,8	3,2	3,7	3,49	1,0	2,8	3,4	4,2
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,022	49,5	33,2	28	44,0	61,0	40,3	32,0	22,0	31,0	44,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,008	155	62	108	149	191	135	59	83	133	166
Landw. Nutzfläche (ha)	,127	36,2	21,9	20,9	33,4	44,8	35,2	28,0	16,6	25,6	38,0
GL an LF in %	,053	24,7	20,7	5,8	20,3	42,1	30,5	22,6	5,7	31,9	48,6
Feldfutter/Ackerfläche in %	,000	8,7	13,2	0,0	1,3	17,9	32,9	15,9	24,8	33,4	40,4
Getreide/Ackerfläche in %	,024	46,8	13,3	38,7	47,0	52,6	53,4	10,6	45,1	53,1	61,7
K-Mais incl. CCM/Acker in %	,000	15,7	17,4	0,0	8,4	28,7	4,9	6,2	0,0	0,0	11,0
Silomais/Ackerfläche in %	,000	15,5	15,8	0,0	14,1	27,7	2,6	5,4	0,0	0,0	0,0
Mais gesamt/Ackerfläche %	,000	31,2	13,5	22,8	31,6	39,4	7,5	8,0	0,0	7,7	14,4
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	,038	0,9	3,2	0,0	0,0	0,0	2,0	5,2	0,0	0,0	1,2
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	,067	0,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,7	2,8	0,0	0,0	0
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	,000	10,0	10,9	0,0	8,2	19,9	2,7	7,5	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	,000	78,0	13,3	70,6	74,5	85,9	60,8	11,3	57,7	60,2	70,2
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %	,000	9,6	13,2	0,0	3,8	18,0	34,9	15,3	26,2	34,5	40,4
Rinder/GVE-gesamt in %	,000	58,1	44,6	0,0	94,1	100,0	74,1	41,6	46,7	98,4	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	,000	28,9	42,8	0,0	0,0	81,4	5,9	23,2	0,0	0,0	0,0
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,30	0,7	1,0	1,4	1,7	0,79	0,5	0,5	0,7	1,2
Begrünung/Ackerfläche in %	,113	34,8	11,7	33,0	39,6	40,0	34,2	10,5	34,4	38,9	40,0
Mulch- u. Direktsaat/Acker %	,000	11,6	13,2	0,0	5,9	21,5	1,1	3,2	0,0	0,0	0,0
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	45,6	50,5	0,0	0,0	100,0					

In den **Mittellagen des Mühlviertels** sind pH-Wert, Humusgehalt (+0,14%) und CAL-K-Gehalt bei „Bio“ signifikant höher, der P-CAL-Wert sign. niedriger (Tabelle 56). Das saure Silikatgestein als bodenbildendes Ausgangssubstrat prägt den Säuregrad und die Kaliumversorgung der Standorte. Die Unterschiede zw. den Bewirtschaftungsformen bei pH und CAL-K sind wegen der hohen Probenzahlen signifikant, die absoluten Unterschiede sind gering.

Es überwiegt deutlich die Rinderhaltung, der GVE-Bestand ist bei „Konv“ mit 1,32 GVE/ha höher als bei „Bio“ mit 1,06. Der Feldfutteranteil ist daher auch bei „Konv“ mit 24% hoch, bei „Bio“ sind es 45%. Bei „Konv“ nimmt der Mais mit 22% (davon 20% Silomais) einen wesentlich höheren Anteil ein als bei „Bio“ mit 3%. Der UBAG-Anteil ist mit 80% hoch.

Tabelle 56: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Mittellagen des Mühlviertels

Bodenproben von Ackerflächen		Mittellagen des Mühlviertels									
		Konv. Bew. (n=2676)					Biolog. Bew. (n=526)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,033	5,74	0,5	5,4	5,7	6,0	5,79	0,4	5,5	5,8	6,0
Humusgehalt in %	,012	3,42	1,1	2,7	3,3	4,0	3,56	1,2	2,8	3,5	4,1
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,000	50,7	32,2	31,0	44,0	63,0	43,7	28,9	23,0	39,0	57,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,001	200	103	125	183	249	223	113	137	208	274
Landw. Nutzfläche (ha)	,569	27,1	12,4	18,0	25,0	34,1	27,6	18,7	16,0	23,6	33,3
GL an LF in %	,058	48,1	17,3	40,0	50,5	59,8	53,4	17,9	43,3	56,9	65,4
Feldfutter/Ackerfläche in %	,000	23,6	15,6	14,2	25,3	30,3	44,7	18,6	29,9	42,5	57,0
Getreide/Ackerfläche in %	,167	45,8	16,0	37,0	46,4	54,3	47,4	17,0	39,0	50,6	59,9
K-Mais incl. CCM/Acker in %	,038	2,5	8,7	0,0	0,0	0,0	0,2	1,8	0,0	0,0	0,0
Silomais/Ackerfläche in %	,000	19,9	14,3	10,0	21,2	28,4	2,1	4,9	0,0	0,0	0,0
Mais gesamt/Ackerfläche in %	,000	22,4	14,6	13,6	23,1	30,4	2,2	5,0	0,0	0,0	0,0
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	,043	1,0	4,3	0,0	0,0	0,0	2,7	6,6	0,0	0,0	0,0
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	,899	1,5	5,7	0,0	0,0	0,5	1,6	4,9	0,0	0,3	1,4
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	,067	2,2	6,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	,000	68,3	16,5	63,6	70,8	73,8	49,7	16,1	40,9	51,1	63,2
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %	,000	26,6	15,4	18,7	25,3	30,5	47,4	18,0	34,5	43,3	57,0
Rinder/GVE-gesamt in %	,753	87,7	30,0	97,6	99,6	100,0	87,1	29,7	96,2	99,5	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	,000	5,0	18,6	0,0	0,0	0,8	1,1	3,3	0,0	0,0	0,8
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,32	0,5	1,1	1,4	1,6	1,06	0,4	0,9	1,1	1,3
Begrünung/Ackerfläche in %	,450	36,7	9,0	36,4	40,0	40,0	37,8	9,7	36,0	40,0	40,1
Mulch- u. Direktsaat/Acker %	,012	4,9	9,9	0,0	0,0	2,7	0,5	2,8	0,0	0,0	0,0
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	80,5	39,7	99,3	100,0	100,0					

In den **Hochlagen des Mühlviertels** sind bei „Bio“ die P-CAL und K-CAL-Werte sowie der pH-Wert signifikant niedriger, der Humusgehalt hingegen um 0,36% signifikant höher (Tabelle 57). Die Rinderhaltung dominiert, der GVE-Bestand liegt bei 1,20 (Konv) bis 1,05 GVE/ha (Bio). Die landw. Betriebe bewirtschaften im Mittel etwa 23 ha LN. Grün- und Ackerlandanteil an der LN liegen jeweils bei 52%. Auf der Ackerfläche werden bei „Konv“ 38% mit Feldfutter und 10% mit Silomais bestellt, bei „Bio“ sind es 56% Feldfutter. Der Begrünungsanteil ist generell mit 35 – 40% hoch. 95% der konv. Ackerfläche wird entsprechend UBAG bewirtschaftet.

Wie aus Tabelle 57 und Tabelle 56 ersichtlich, liegen in den beiden KPG bei „Bio“ die mittleren Humusgehalte um 0,14% bzw. 0,36% höher. Der im Mittel um 0,40% höhere Humuswert im HPG Mühlviertel (vgl. Tabelle 50) geht auf den höheren Probenanteil von Biobetrieben in den Hochlagen zurück.

Tabelle 57: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Hochlagen des Mühlviertels

Bodenproben von Ackerflächen		Hochlagen des Mühlviertels									
		Konv. Bew. (n=719)					Biolog. Bew. (n=350)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,000	5,69	0,4	5,4	5,7	5,9	5,58	0,4	5,3	5,6	5,8
Humusgehalt in %	,004	4,35	1,8	3,1	4,1	5,3	4,71	2,2	3,2	4,4	5,7
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,000	49,3	31,5	30,0	39,0	61,0	32,8	18,5	22,0	31,0	39,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,000	228	107	158	208	287	198	95	141	183	249
Landw. Nutzfläche (ha)	,874	23,2	11,2	15,4	21,4	28,4	23,7	13,6	14,1	20,7	31,7
GL an LF in %	,795	52,2	18,0	44,4	54,8	66,4	52,6	19,5	41,4	55,4	64,7
Feldfutter/Ackerfläche in %	,000	38,4	20,0	26,9	37,2	51,1	55,9	20,5	40,4	57,1	69,9
Getreide/Ackerfläche in %	,045	44,7	18,1	35,2	45,3	57,2	39,4	20,7	26,2	38,8	53,7
K-Mais incl. CCM/Acker in %	,184	0,3	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silomais/Ackerfläche in %	,000	9,9	13,4	0,0	0,0	16,6	1,1	4,4	0,0	0,0	0,0
Mais gesamt/Ackerfläche in %	,000	9,9	13,7	0,0	0,0	16,6	1,1	4,4	0,0	0,0	0,0
Eiweißpfl./Ackerfläche in %	,684	1,2	4,7	0,0	0,0	0,0	1,4	5,0	0,0	0,0	0,0
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %	,745	1,3	2,9	0,0	0,3	1,2	1,7	6,6	0,0	0,6	1,4
Ölfrüchte/Ackerfläche in %	n.m.	1,1	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %	,000	55,1	18,5	43,1	58,2	68,5	40,5	20,8	27,6	40,9	58,3
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %	,000	39,6	20,0	27,2	38,1	52,4	57,3	20,7	40,4	58,0	70,5
Rinder/GVE-gesamt in %	,097	90,7	25,4	97,9	99,3	99,9	86,2	31,2	96,3	98,8	99,9
Schweine/GVE-gesamt in %	,472	3,1	12,6	0,0	0,4	1,1	3,0	12,4	0,0	0,2	1,4
GVE-gesamt/ha LF	,034	1,20	0,4	1,0	1,2	1,4	1,05	0,3	0,9	1,0	1,3
Begrünung/Ackerfläche in %	,154	36,9	10,1	39,0	40,0	40,0	38,2	7,2	39,6	40,0	40,0
Mulch- u. Direktsaat/Acker in %	,023	1,5	5,1	0,0	0,0	0,0	0,3	1,6	0,0	0,0	0,0
Anteil UBAG/Ackerfläche in %	n.m.	95,1	23,2	99,8	100,0	100,0					

Von den weiteren KPG stehen für einen Vergleich der Bewirtschaftungsformen zu wenige Datensätze von „Bio“ zur Verfügung. Zur Vervollständigung sind die Bodendaten und Betriebsdaten zur konv. Bewirtschaftung in den folgenden 2 Tabellen dargestellt.

Bei den Proben vom **Inneren Salzkammergut** sind Schweine haltende Betriebe überrepräsentiert, der höhere P-CAL-Gehalt ist auch darauf zurückzuführen. Abgesehen davon wird die Bodennutzung von der Rinderhaltung geprägt (Tabelle 58), der GVE-Bestand liegt bei 1,2 (im **Äußeren Salzkammergut**) bzw. bei 1,5 GVE/ha. Die Grünlandnutzung übertrifft die Ackernutzung deutlich, 60 – 70% der LN sind Grünland. Der Feldfutterbau nimmt in den **KPG der Voralpen** 36 bzw. 39% der Ackerfläche ein, Silomais ist mit 15 – 31% von Bedeutung. Mehr als drei Viertel bzw. 100% der Acker werden nach UBAG-Auflagen bewirtschaftet.

Tabelle 58: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von den konventionell geführten Ackerflächen der KPG Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen und Äußeres Salzkammergut

Bodenproben Ackerflächen	von	Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen					Äußeres Salzkammergut				
		Konv. Bew. (n=45)					Konv.. Bew. (n=13)				
Boden u. Bewirtschaftung		MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂		5,96	0,7	5,4	6,0	6,5	6,37	0,5	5,9	6,4	6,6
Humusgehalt in %		4,73	1,8	3,4	4,2	5,4	3,65	0,7	3,1	3,7	4,0
Phosphor in CAL (in mg/kg)		71,3	72,7	17,5	39,0	92,0	31,1	18,3	16,0	26,5	49,0
Kalium in CAL (in mg/kg)		201	80	145	191	249	139	56	106	141	178
Landw. Nutzfläche (ha)		29,6	17,5	18,2	27,5	43,6	29,5	14,1	20,9	24,4	48,9
GL an LF in %		69,9	28,3	52,8	76,2	95,6	60,4	16,7	44,4	49,6	75,1
Feldfutter/Ackerfläche in %		36,0	19,3	22,4	35,6	39,5	38,8	24,4	25,8	35,1	44,2
Getreide/Ackerfläche in %		20,2	19,5	0,0	16,8	37,8	39,0	19,6	31,1	48,5	53,8
K-Mais incl. CCM/Acker in %		10,4	18,9	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silomais/Ackerfläche in %		31,4	25,1	0,0	41,7	52,5	15,6	14,5	0,0	23,1	31,7
Mais gesamt/Ackerfläche %		41,9	17,6	25,2	44,5	53,1	15,6	14,5	0,0	23,1	31,7
Eiweißpfl./Ackerfläche in %		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %		0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
Ölfrüchte/Ackerfläche in %		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %		62,1	19,5	58,2	62,3	73,4	54,7	23,9	53,8	62,8	71,6
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %		36,0	19,3	22,4	35,6	39,5	38,8	24,4	25,8	35,1	44,2
Rinder/GVE-gesamt in %		68,6	44,0	0,0	99,4	100,0	99,5	0,4	99,3	99,5	99,7
Schweine/GVE-gesamt in %		11,4	31,7	0,0	0,0	0,5	0,2	0,4	0,0	0,0	0,4
GVE-gesamt/ha LF		1,5	0,5	1,2	1,3	1,8	1,2	0,3	1,0	1,2	1,6
Begrünung/Ackerfläche in %		38,8	5,4	36,4	40,0	40,1	30,3	28,4	0,0	37,0	42,2
Mulch- u. Direktsaat/Acker %		2,2	5,4	0,0	0,0	0,0	4,5	7,4	0,0	0,0	15,9
Anteil UBAG/Ackerfläche in %		76,5	43,1	75,0	100,0	100,0	100	0	100,0	100,0	100,0

Im **Altheim-Obernberger Gebiet** stammen die Bodenproben von Betrieben mit einer mittleren LN über 35 ha, die zu mehr als 81% als Acker genutzt werden (Tabelle 59, linke Spalten). Der Feldfutteranteil ist mit 7% gering, Mais wird auf fast 30% der Ackerfläche gebaut, auch der Ölfrüchteanteil ist mit 12% hoch. Die Bodenparameter befinden sich zumeist in den anzustrebenden Bereichen, die P-Versorgung liegt im Mittel an der Untergrenze der ausreichenden Stufe C (47 – 11mg/kg).

Im **Vöcklabrucker Gebiet** wurden die Bodenproben zumeist von Betrieben mittlerer Größe bereitgestellt. Der GVE-Bestand ist um 1,3 GVE/ha, Rinderhaltung überwiegt mit 75% (Tabelle 59, rechte Spalten). Der Feldfutterbau liegt bei 20%, der Maisanteil bei 24%. Der pH-Wert liegt an der Grenze von schwach sauer zu sauer, der mittlere Humusgehalt bei 3,2%, die K-Versorgung ist ausreichend (Stufe C: 113 – 212 mg/kg), die P-Versorgung überwiegend niedrig (Stufe B: 26 -46 mg/kg).

Tabelle 59: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von den konventionell geführten Ackerflächen der KPG Altheim-Obernberger Gebiet und Vöcklabrucker Gebiet

Bodenproben Ackerflächen	von	Altheim– Obernberger Gebiet					Vöcklabrucker Gebiet				
		Konv. Bew. (n=190)					Konv. Bew. (n=195)				
Boden u. Bewirtschaftung		MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂		6,20	0,5	5,9	6,2	6,5	5,64	0,5	5,3	5,5	6,0
Humusgehalt in %		3,25	0,9	2,7	3,2	3,7	3,16	1,1	2,5	2,9	3,4
Phosphor in CAL (in mg/kg)		52,0	34,6	31,0	48,0	65,0	42,2	22,2	25,0	39,5	57,0
Kalium in CAL (in mg/kg)		154	64	108	141	191	176	73	116	174	216
Landw. Nutzfläche (ha)		38,1	19,5	28,9	35,5	44,7	27,2	16,9	15,2	20,5	36,3
GL an LF in %		18,7	17,1	4,3	15,3	32,9	42,7	24,3	21,1	44,5	65,6
Feldfutter/Ackerfläche in %		6,6	13,0	0,0	0,6	8,6	19,5	19,9	0,0	14,0	32,8
Getreide/Ackerfläche in %		46,6	15,3	38,5	44,8	53,4	47,6	17,3	38,4	49,4	57,3
K-Mais incl. CCM/Acker in %		19,6	17,2	3,3	12,9	32,6	10,6	15,7	0,0	0,0	19,4
Silomais/Ackerfläche in %		8,6	10,4	0,0	3,2	18,0	13,3	15,2	0,0	8,0	24,9
Mais gesamt/Ackerfläche %		28,2	15,2	15,8	29,1	38,4	23,9	14,5	16,1	24,3	34,3
Eiweißpfl./Ackerfläche in %		1,1	3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,8	0,0	0,0	0,0
Z-Rübe+Kartoffel/Acker in %		2,1	7,2	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0	0,0
Ölfrüchte/Ackerfläche in %		12,4	9,8	0,0	12,8	19,3	4,4	8,5	0,0	0,0	0,0
Getreide+ Mais/Ackerfl. In %		74,7	15,4	67,0	73,9	84,0	71,5	19,4	64,3	70,5	85,2
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker %		7,7	13,8	0,0	0,6	9,7	20,5	19,6	2,9	23,2	32,8
Rinder/GVE-gesamt in %		51,6	41,4	0,0	52,3	100,0	74,5	36,0	85,7	100,0	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %		33,2	42,1	0,0	13,0	68,2	11,5	28,2	0,0	0,0	0,5
GVE-gesamt/ha LF		1,03	0,6	0,7	1,1	1,4	1,15	0,6	0,7	1,3	1,5
Begrünung/Ackerfläche in %		33,2	9,9	30,7	38,4	40,0	39,1	13,6	36,8	39,7	40,0
Mulch- u. Direktsaat/Acker %		14,9	12,6	0,6	12,6	25,1	6,1	13,1	0,0	0,0	4,4
Anteil UBAG/Ackerfläche in %		45,1	49,4	0,0	0,0	100,0	65,5	49,0	0,0	100,0	100,0

5.4 Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Grünland nach HPG

Hinsichtlich der Bodenparameter unterscheiden sich konv. und biolog. bewirtschaftete Grünlandflächen im **Alpenvorland** signifikant beim Humus- und CAL-P-Gehalt, beide Parameter sind bei „Konv“ höher (Tabelle 60). Die Betriebe unterscheiden sich insofern, als die Biobetriebe ihre LN größtenteils als Grünlandflächen nutzen (69% vs. 58% bei „Konv“), der GVE-Bestand ist mit 1,2 GVE/ha signifikant niedriger als bei den konv. Betrieben mit fast 1,5 GVE/ha. Ein kausaler Zusammenhang für den höheren Humusgehalt bei „Konv“ ist nicht erkennbar.

Fast 50% des konv. bewirtschafteten Grünlandes nimmt an der Maßnahme Verzicht ertragssteigernder Betriebsmittel teil, 64% sind bei der Maßnahme UBAG dabei. Der Unterschied beim Humusgehalt besteht auch in derselben Größenordnung, wenn nur die seit 2001 biologisch bewirtschafteten Flächen einbezogen werden. Regionale Einflüsse werden bei den KPG behandelt.

Tabelle 60: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen im HPG Alpenvorland

Bodenproben von Grünlandflächen		Alpenvorland									
		Konv. Bew. (n=1121)					Biolog. Bew. (n=139)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,165	5,88	0,53	5,50	5,80	6,20	5,94	0,48	5,60	5,90	6,20
Humusgehalt in %	,020	6,20	4,0	4,40	5,60	6,90	5,39	1,84	4,10	5,10	6,40
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,017	33,2	24,6	22,0	31,0	39,0	28,1	15,7	17,0	22,0	35,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,273	155	82	100	133	191	147	71	100	133	174
Landw. Nutzfläche (ha)	,065	25,4	14,3	14,5	23,9	34,3	21,8	14,5	10,0	18,2	29,6
GL an LF in %	,000	58,0	24,2	40,7	56,6	73,0	68,7	25,1	47,6	71,4	90,8
Rinder/GVE-gesamt in %	,824	90,1	26,2	98,5	99,8	100,0	85,0	31,6	95,1	99,1	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	,089	3,5	13,4	0,0	0,0	0,3	0,9	4,3	0,0	0,0	0,0
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,48	0,45	1,3	1,5	1,7	1,17	0,37	0,9	1,2	1,5
UBAG/Grünlandfläche in %		67,8	45,1	0	99,5	100					
Verzicht/Grünlandfläche in %		49,6	48,8	0	61,9	100					

Im **Mühlviertel** weisen die Bio-Grünlandflächen mit +0,45% signifikant höhere Humusgehalte auf (Tabelle 61). Die pH-Werte sind mit 5,6 ausreichend, die K-Versorgung ist hoch, die P-Versorgung allgemein niedrig. Der Grünlandanteil an der betrieblichen Flächennutzung ist mit jeweils über 60% vergleichbar, der GVE-Bestand ist bei den Biobetrieben um 0,2 GVE/ha signifikant niedriger.

Die Teilnahmeraten an den Maßnahmen „Verzicht“ und „UBAG“ sind im Mühlviertel um jeweils etwa 15-20% höher als im Alpenvorland, über 80% UBAG-Teilnahme und über 60% bei der Verzichtmaßnahme.

Tabelle 61: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen im HPG Mühlviertel

Bodenproben von Grünlandflächen		Mühlviertel									
		Konv. Bew. (n= 2112)					Biolog. Bew. (n=740)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,050	5,60	0,38	5,33	5,60	5,80	5,57	0,36	5,30	5,53	5,80
Humusgehalt in %	,000	6,04	2,48	4,50	5,70	7,14	6,49	3,40	4,70	5,90	7,40
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,078	33,8	22,6	22,0	31,0	39,0	32,5	17,9	22,0	26,5	39,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,205	227	121	141	203	284	220	121	133	191	282
Landw. Nutzfläche (ha)	,131	24,0	12,6	15,1	22,5	31,1	21,2	12,6	12,8	19,7	26,5
GL an LF in %	,002	61,3	16,8	50,1	60,5	71,0	65,3	20,3	53,9	64,6	77,9
Rinder/GVE-gesamt in %	,008	94,4	19,2	98,2	99,5	100,0	98,3	26,8	95,0	99,3	99,9
Schweine/GVE-gesamt in %	,077	1,3	5,0	0,0	0,0	0,8	1,0	3,3	0,0	0,0	1,0
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,34	0,4	1,1	1,3	1,6	1,15	0,3	1,0	1,1	1,4
UBAG/Grünlandfläche in %	n.m.	86,1	33,6	98,4	100	100					
Verzicht/Grünlandfläche in %	n.m.	62,4	48,1	0	99,5	100					

Die Bodenproben aus dem HPG **Voralpen** stammen von reinen Grünlandbetrieben, die Ackernutzung ist minimal. pH-Wert und Humusgehalt unterscheiden sich nicht nach der Bewirtschaftungsweise, P-CAL und K-CAL-Gehalt sind signifikant niedriger bei „Bio“ (Tabelle 62), insbesondere die P-Versorgung ist überwiegend sehr niedrig in der Region.

Tabelle 62: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen im HPG Voralpen

Bodenproben von Grünlandflächen		Voralpen									
		Konv. Bew. (n=378)					Biolog. Bew. (n=156)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,171	6,17	0,57	5,80	6,10	6,60	6,10	0,59	5,60	6,10	6,60
Humusgehalt in %	,489	8,23	3,62	6,00	7,30	9,30	8,01	2,83	6,20	7,40	9,20
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,000	28,2	25,7	17,0	22,0	31,0	18,6	10,0	13,0	17,0	22,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,021	167	69	125	154	199	152	62	108	141	174
Landw. Nutzfläche (ha)	,778	22,5	11,8	13,5	21,4	28,9	22,5	100	14,4	21,9	28,4
GL an LF in %	,007	97,2	8,0	100,0	100,0	100,0	99,5	2,7	100,0	100,0	100,0
Rinder/GVE-gesamt in %	,019	93,1	21,4	98,3	99,8	100,0	88,0	28,5	94,6	98,7	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	,350	0,6	1,6	0,0	0,0	0,5	0,4	0,5	0,0	0,0	0,9
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,33	0,4	1,1	1,3	1,5	1,05	0,2	0,9	1,1	1,2
UBAG/Grünlandfläche in %	n.m.	88,9	23,6	92,1	100	100					
Verzicht/Grünlandfläche in %	n.m.	84,2	32,4	90,9	10	100					

Der Viehbestand bei „Konv“ ist um fast 0,3 GVE/ha höher und liegt bei 1,33 GVE/ha. Fast 90% der Betriebe bringen ihre Grünlandfläche in die Maßnahme „UBAG“ ein und über 80% in die Verzichtmaßnahme.

Der GVE-Bestand auf Grünland ist bei biolog. Bewirtschaftung auch unabhängig von der Region niedriger und liegt im Mittel bei 1,05, bei „Konv“ bei 1,33 GVE/ha.

5.5 Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Grünland nach KPG

Bei den Bodenproben von den KPG der **Voralpen** sind im **Äußeren Salzkammergut** alle Boden- und Bewirtschaftungsparameter auf vergleichbarem Niveau (Tabelle 63), auch wegen der geringen Probenzahlen sind keine signifikanten Unterschiede gegeben.

Tabelle 63: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Äußeres Salzkammergut im HPG Voralpen

Bodenproben von Grünlandflächen		Äußeres Salzkammergut									
		Konv. Bew. (n=39)					Biolog. Bew. (n=15)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,775	6,12	0,53	5,70	6,00	6,60	6,16	0,52	5,90	6,10	6,40
Humusgehalt in %	,495	6,74	2,08	5,00	6,20	8,30	7,17	2,02	6,00	7,00	8,50
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,101	22,8	8,6	17,0	22,0	26,0	27,4	10,3	17,0	31,0	35,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,803	155	62	108	149	191	159	54	108	149	216
Landw. Nutzfläche (ha)	,139	18,7	4,4	13,5	20,3	21,7	21,0	9,6	14,2	17,1	33,9
GL an LF in %	,933	91,1	12,5	78,2	100,0	100,0	94,5	7,2	91,5	100,0	100,0
Rinder/GVE-gesamt in %	,152	97,3	5,6	97,5	100,0	100,0	96,5	6,5	98,5	100,0	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	,158	0,4	0,7	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
GVE-gesamt/ha LF	,085	1,26	0,21	1,1	1,3	1,3	1,40	0,17	1,3	1,4	1,6
UBAG/Grünlandfläche in %	n.m.	98,5	3,6	100	100	100					
Verzicht/Grünlandfläche in %	n.m.	83,2	36,1	89,3	100	100					

Im KPG **Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen** gibt es signifikante Unterschiede bei der P- und K-Versorgung, die Bioflächen weisen signifikant niedrigere Gehalte auf, die P-Versorgung liegt in der sehr niedrigen Gehaltsstufe A (<26 mg/kg) (Tabelle 64). Beim Humusgehalt gibt es keinen einheitlichen Trend, im KPG mit der höheren Probenzahl (Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen) weisen die konv. Flächen um 0,31% mehr Humus auf, im Äußeren Salzkammergut die Bioflächen um 0,43% mehr. Die pH-Werte sind optimal. Markant ist im Inneren Salzkammergut der niedrigere Viehbestand im Biolandbau.

Tabelle 64: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen im HPG Voralpen

Bodenproben von Grünlandflächen		Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen									
		Konv. Bew. (n=339)					Biolog. Bew. (n=141)				
Boden u. Bewirtschaftg.	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,130	6,18	0,57	5,80	6,10	6,60	6,09	0,60	5,60	6,10	6,60
Humusgehalt in %	,381	8,41	3,72	6,20	7,40	9,30	8,10	2,89	6,20	7,50	9,30
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,000	28,9	27,0	17,0	22,0	31,0	17,7	9,5	13,0	17,0	22,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,013	169	70	125	158	199	152	63,9	108	141	174
Landw. Nutzfläche (ha)	,919	22,9	12,4	12,4	22,2	30,7	22,7	10,0	14,4	22,0	27,5
GL an LF in %	,085	97,9	7,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0
Rinder/GVE-gesamt in %	,035	92,6	22,5	98,4	99,7	100,0	87,0	29,8	94,5	98,7	100,0
Schweine/GVE-gesamt in %	,426	0,6	1,6	0,0	0,0	0,5	0,4	0,5	0,0	0,0	0,9
GVE-gesamt/ha LF	,003	1,34	0,39	1,10	1,30	1,50	1,01	0,20	0,9	1,0	1,1
UBAG/Grünlandfläche in %	n.m.	87,8	27,8	91,3	100	100					
Verzicht/Grünlandfläche %	n.m.	84,3	32,1	90,9	100	100					

Tabelle 65: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Mittellagen des Mühlviertels

Bodenproben von Grünlandflächen		Mittellagen des Mühlviertels									
		Konv. Bew. (n=1448)					Biolog. Bew. (n=432)				
Boden u. Bewirtschaftg.	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,482	5,62	0,40	5,40	5,60	5,80	5,60	0,36	5,30	5,60	5,80
Humusgehalt in %	,283	5,68	1,85	4,40	5,50	6,80	5,57	1,77	4,40	5,50	6,70
Phosphor in CAL (mg/kg)	,259	33,7	21,9	22,0	31,0	39,0	32,3	18,9	22,0	26,0	39,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,776	221	120	133	198	282	217	123	133	191	282
Landw. Nutzfläche (ha)	,209	24,4	12,1	16,1	23,2	31,9	21,3	12,4	12,6	19,9	27,0
GL an LF in %	,015	59,8	15,6	48,8	58,4	68,8	68,2	17,6	56,3	66,4	78,0
Rinder/GVE-gesamt in %	,070	95,1	18,0	98,7	99,6	100,0	89,2	25,7	95,5	99,5	99,9
Schweine/GVE-gesamt %	,133	1,2	4,5	0,0	0,0	0,7	0,9	2,9	0,0	0,0	0,6
GVE-gesamt/ha LF	,000	1,42	0,40	1,2	1,4	1,7	1,18	0,35	1,0	1,2	1,4
UBAG/Grünlandfläche %	n.n.	81,1	38,5	97,8	100	100					
Verzicht/Grünlandfl. %	n.m.	61,3	48,4	0	99,6	100					

Vom **Mühlviertel** liegen die meisten Proben vor, die Datenlage ist dabei für beide KPG repräsentativ. Die untersuchten Betriebe bewirtschaften zumeist 15 -30 ha, die Biobetriebe verfügen im Schnitt über etwa eine 3 ha kleinere LN. In den **Mittellagen** (Tabelle 65) gibt es nur signifikante Differenzen zwischen den Bewirtschaftungsverfahren beim GVE-Bestand (bei „Konv“ höher) und beim Grünlandanteil an der LN (bei „Bio“ höher). Die vier Bodenparameter unterscheiden sich nicht und liegen auf einheitlichem, günstigem Niveau, nur die P-Versorgung ist niedrig (Stufe B 26 – 46 mg/kg). Das Ergebnis ist plausibel, da die meisten konv. Betriebe (60%) bei der Verichtsmaßnahme für das Grünland teilnehmen.

Tabelle 66: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Hochlagen des Mühlviertels

Bodenproben von Grünlandflächen		Hochlagen des Mühlviertels									
		Konv. Bew. (n=719)					Biolog. Bew. (n=319)				
Boden u. Bewirtschaftung	P	MW	s	Q25	Q50	Q75	MW	s	Q25	Q50	Q75
pH-Wert in CaCl ₂	,093	5,57	0,36	5,30	5,60	5,80	5,53	0,36	5,30	5,50	5,80
Humusgehalt in %	,000	6,78	3,31	4,80	6,40	7,90	7,71	4,50	5,20	6,60	9,40
Phosphor in CAL (in mg/kg)	,166	34,0	23,9	22,0	30,0	39,0	32,2	16,7	22,0	29,0	39,0
Kalium in CAL (in mg/kg)	,036	239	121	158	216	299	223	121	133	191	282
Landw. Nutzfläche (ha)	,662	23,1	13,5	13,0	21,0	28,0	21,0	13,0	12,9	19,4	25,5
GL an LF in %	,086	64,3	18,5	53,6	66,1	76,2	61,5	23,0	50,0	63,5	76,3
Rinder/GVE-gesamt in %	,079	93,2	21,3	97,7	99,2	99,9	87,0	28,3	94,8	98,9	99,9
Schweine/GVE-gesamt in %	,499	1,5	5,9	0,0	0,4	1,1	1,2	3,7	0,0	0,0	1,3
GVE-gesamt/ha LF	,015	1,18	0,37	1,0	1,2	1,4	1,10	0,32	0,9	1,1	1,3
UBAG/Grünlandfläche in %	n.m.	96,4	16,4	99,4	100	100					
Verzicht/Grünlandfläche in %	n.m.	64,6	47,4	0	98,9	100					

In den **Hochlagen** ist ebenfalls der GVE-Bestand bei „Konv“ signifikant höher. Weiters liegt eine signifikante Differenz beim Humusgehalt vor, der fast 1% höher ist beim „Biolandbau“. Die P- und K-Versorgung ist bei beiden Bewirtschaftungen vergleichbar (Tabelle 66), die P-Versorgung in der niedrigen Stufe B (26 – 46 mg P/kg) und die K-Versorgung in der hohen Stufe D (171 – 332 mg/kg).

Die Ursache für den deutlich höheren Humusgehalt bei „Bio“ liegt neben den generell höheren Werten von etwa 0,2 bis 0,4% (siehe 1. Quartil und Median) auch darin, dass viele Flächen mit überdurchschnittlich hohen Humuswerten beprobt wurden (siehe 3. Quartil bei 9,4% vs. 7,90%). Für eine detaillierte Interpretation müsste die jeweilige Höhenlage des Standortes einbezogen werden, die in diesem KPG stark variieren kann.

Auf eine detaillierte Darstellung der Bewirtschaftungsvergleiche der KPG im Alpenvorland wird verzichtet, weil insgesamt nur 139 Proben von „Biobetrieben“ verfügbar sind.

5.6 Diskussion zu Humusgehaltssteigerungen im biolog. Landbau

Die in der OÖ. Landesbodenuntersuchung gefundenen höheren Humusgehalte in den Ackerflächen bei Biolandbau zwischen 0,14% im Alpenvorland und 0,29% im Mühlviertel liegen in derselben Größenordnung, wie in aktuellen Reviews berichtet wird:

In einer Zusammenfassung von 68 Datensätzen aus 32 wissenschaftlichen Publikationen wurde von Leifeld & Fuhrer (2010) ermittelt, dass nach einer mittleren Versuchsdauer von 12 – 18 Jahren nach Umstellung auf Biolandbau die relative mittlere C-Zunahme pro Jahr (bezogen in % zum Referenz- bzw. Ausgangswert) bei 2,16% (Faktor 1,0216) liegt. Nach Eliminierung von drei Datensätzen von Versuchen mit nur bis zu 6-jähriger Versuchsdauer mit extrem hohen jährlichen Zunahmen wurde eine mittlere jährliche C-Zunahme von 0,61% (Faktor 1,0061) ermittelt. Bei einem Ausgangswert zwischen 2,75 und 3,25% Humus ergeben sich mit diesem Faktor Zunahmen des Humusgehaltes nach 12 – 15 Jahren zwischen 0,20 und 0,30%.

In einer Metaanalyse mit insgesamt 200 Datensätzen von 74 Studien mit paarweise Vergleichen von biologischer vs. konventioneller Bewirtschaftung wurden signifikant höhere Corg-Gehalte auf biologischen Ackerflächen gefunden, im Mittel +0,18% (+/- 0,06 % 95%iges Konfidenzintervall), was einem Humusgehalt von +0,31% entspricht (+/- 0,10% für 95%iges Konfidenzintervall). Werden nur die Datensätze berücksichtigt, bei denen keine Zufuhr von organischen Stoffen erfolgte, die von außerhalb des landwirtschaftlichen Betriebs stammen, wurde ein signifikant höherer Humusgehalt von 0,22% bei biologischer Nutzung ermittelt, mit einem höheren 95% Konfidenzintervall von +/-0,15%. Die gefundenen Unterschiede sind hauptsächlich auf die Elemente von gemischten Betriebsformen zurückzuführen (Tierhaltung und Marktfruchtproduktion), wie z.B. die Kreislaufwirtschaft von organischen Stoffen wie Wirtschaftsdünger und dem Anbau von Futterleguminosen. Diese Bewirtschaftungsformen sind letztlich für das System Biolandbau immanent, wesentlich und spezifisch (Gattinger et al. 2012).

Auf den signifikant höheren Anteil von Feldfutterpflanzen bei „Bio“ in den oö. Regionen wurde wiederholt im Zusammenhang mit den höheren Humusgehalten verwiesen. Der höhere Anbau von Futterleguminosen steht aber nicht allein mit der Rinderhaltung in Zusammenhang, sondern dient auch wesentlich zum Aufbau eines höheren N-Pools im Boden für die nachfolgenden Kulturen: Denn das Ertragsniveau von Nichtleguminosen wird vom Humusgehalt positiv beeinflusst, was jedoch nur unter den Bedingungen des biologischen Landbaus signifikant ist. Ausgehend von einem höheren N-Bedarf durch Mineralisierung von der organischen Substanz im Boden für höhere Erträge von Nichtleguminosen, ist eine höhere Zufuhr von organischen Stoffen erforderlich, um höhere Humusgehalte aufrechtzuerhalten. Das entsprechende Bodenmanagement im Biolandbau für höhere Humusgehalte ist aus ökologischen und ökonomischen Gründen von Bedeutung (Brock et al. 2011). Unter konventioneller Bewirtschaftung ist die agronomische Relevanz des Humuspools im Boden für die Nährstoffversorgung geringer. Ein höheres N-Nachlieferungspotential von biologisch bewirtschafteten Standorten wurde bereits in früheren Studie (AGES 2010a) festgestellt.

Vergleichbare Humusgehaltsentwicklungen wurden auch unter konventioneller Bewirtschaftung in einem Fruchtfolgeversuch im nö. Alpenvorland gefunden: Die Humusgehalte differenzierten nach 18 Jahren um etwa 0,3%, wobei die niedrigsten Werte um 2,7% bei ein Drittel Hackfrüchte (Rübe) und zwei Drittel Getreide ohne organische Düngung und Begrünungen festgestellt wurden, die höchsten Werte von 3,0% lagen mit ein- bzw. zweijährigem Feldfutter (Rotklee, immer gemulcht) in einer Fruchtfolge ohne Hackfrüchte vor (Spiegel et al. 2005).

Es gibt weiters andere Publikationen, in denen kein oder nur ein inkonsistenter Effekt auf die organische Substanz im Boden durch den biologischen Landbau gefunden wurde. Einige Ursachen der widersprüchlichen Ergebnisse sind die Folge von grundlegenden Unterschieden im experimentellen Design beim Vergleich zwischen den beiden Landbaumethoden, wie z.B. in der Fruchtfolge, bei der Menge der organischen Düngung oder bei der Bodenbearbeitung (Leifeld et al. 2009). Im Rahmen des schweizerischen DOK-Versuches (Vergleich konventioneller, biologischer und biologisch-dynamischer Landbau) konnte nach 26 Jahren kein Vorteil des biologischen Landbaus hinsichtlich der Corg-Gehalte festgestellt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass beim Biolandbau die ausgebrachte Menge an organischen Düngern höher und die Kulturarten in der Fruchtfolge unterschiedlich, z.B. bei 35 von 50 Vergleichsdatensätzen. Bei den wenigen vorliegenden Datenreihen, bei denen die Fruchtfolge und die organischen Düngergaben vergleichbar waren, wurden keine konsistenten Unterschiede im org. Bodenkohlenstoff zwischen den Landbaumethoden gefunden (Leifeld & Fuhrer 2010).

Unter den öö. Bedingungen hat wesentlich der höhere Feldfutteranteil im Biolandbau auf den Ackerflächen zu den um 0,14 bis 0,29% höheren Humusgehalten beigetragen, was auch im statischen Modell (siehe Kapitel 7) bestätigt wurde.

Die zusätzliche Kohlenstoffspeicherung in den Böden durch vollständige Umstellung auf Biolandbau zur Verminderung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre würde nach Gattinger et al. (2012) 2,3% der gesamten europäischen Treibhausgasemissionen entsprechen, das ist zugleich auch das mit etwa 23% geschätzte technisch mögliche THG-Emissionsminderungspotential der europäischen Landwirtschaft bis zum Jahr 2030. Nach Powlson et al. (2011) wird das Potential der C-Speicherung in den landwirtschaftlich genutzten Böden aktuell in der Klimawandeldiskussion nach wie vor überschätzt wird, weil dieser Prozess begrenzt und reversibel ist. Es besteht das Problem, dass andere, signifikantere Maßnahmen unterschätzt und weniger beachtet werden: Denn zu den gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen trägt die Landwirtschaft zu 13,5% bei, und die landwirtschaftlichen Emissionen stehen zu 70% mit der Produktion und dem Einsatz von Stickstoffdüngern in Zusammenhang, größtenteils durch die dadurch verursachten Lachgasemissionen. Anstrengungen zur Steigerung der N-Effizienz wie verbessertes Management von N-Mineraldüngern, Wirtschaftsdüngern und Leguminosen sind mindestens genauso bedeutend wie die begrenzte und reversible Steigerung der C-Speicherung in den Böden. Maßnahmen zum Humusaufbau bzw. zur Humuserhaltung sind primär wegen der positiven Effekte hinsichtlich der Bodeneigenschaften und –funktionen von zentraler Bedeutung und tragen zur nachhaltigen Landnutzung bei (Powlson et al. 2011).

6 Weitere ÖPUL-Maßnahmen (UBAG, Begrünung von Ackerflächen, Mulch- und Direktsaat), Bodendaten- und Bewirtschaftung

Das Agrarumweltprogramm weist in OÖ und insbesondere bei den an der Landesbodenuntersuchung teilnehmenden Betrieben eine hohe Akzeptanz auf. Mehr als 90% der Betriebe des Alpenvorlandes und des Mühlviertels nahmen 2009 an der Maßnahme „Begrünung von Ackerflächen“ und 53% der Betriebe vom Alpenvorland bzw. 64% vom Mühlviertel an der Maßnahme „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünland“ teil. Aus diesen Teilnahmeraten ist bereits ersichtlich, dass es für die Maßnahme „Begrünung“ schwierig ist, ausreichend Datensätze von Referenzflächen ohne Begrünung zu finden.

Ziel der folgenden Auswertungen war es, die Bodenparameter incl. Bewirtschaftungsdaten von Flächen zu vergleichen, die sich hinsichtlich der Teilnahme an bestimmten ÖPUL-Maßnahmen unterscheiden. Dabei wurde zunächst nach Regionen Bodenproben von Betrieben mit unterschiedlicher Beteiligung am ÖPUL ausgewählt.

6.1 Umweltgerechte Bewirtschaftung von Ackerflächen

Die wesentlichsten Förderungsvoraussetzungen für „UBAG“ auf Ackerflächen sind ein maximaler Anteil von 75% Getreide und Mais, ein maximaler N-Input von 150 kg N/ha und eine GVE-Beschränkung von max. 2 GVE/ha. Damit sollen vielseitigere Fruchtfolgen und eine extensivere Bewirtschaftung gefördert werden. Ausgewertet wurde auf Ebene der HPG.

Vom **Alpenvorland** liegen etwa gleich viele Bodenproben mit und ohne UBAG-Teilnahme vor. Die wesentlichen Kulturartenanteile auf Ackerland unterscheiden sich signifikant: Ohne UBAG sind die Getreide- und Maisanteile höher und erreichen im Mittel gemeinsam fast 85%, mit UBAG 68% (Tabelle 67).

Die UBAG-Betriebe pflanzen höhere Anteile an Kartoffel u. Rüben und vor allem fast 9% mehr Ölfrüchte (Raps und Soja) an. Ein noch wesentlicherer Unterschied liegt im Tierbestand: Bei UBAG-Teilnahme überwiegt die Rinderhaltung und der GVE-Bestand liegt im Mittel mit 0,93 GVE/ha deutlich niedriger als bei den Betrieben ohne UBAG mit 1,45 GVE/ha, vor allem aus der Schweinehaltung.

In Abhängigkeit von der Bewirtschaftung mit bzw. ohne UBAG unterscheiden sich die Bodenparameter pH-Wert und Humusgehalt nicht. Bei den Betrieben ohne UBAG, also mit höherem Viehbestand, sind die pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalte signifikant höher, die absoluten Steigerungen sind jedoch gering, die Gehalte befinden sich in der ausreichenden Gehaltsstufe, eine Überdüngung ist nicht abzuleiten. Zur Frage der Verminderung der N-Verluste mit der N-Obergrenze sind die Bodenparameter nicht geeignet.

Tabelle 67: Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland mit/ohne UBAG im Alpenvorland

HPG Alpenvorland: Ackerland	ohne UBAG- Teilnahme: n=3662		mit UBAG- Teilnahme: n=4192		MW- Vergleich
	Mittel	s	Mittel	s	
Boden-Parameter u. Bewirtschaftungsdaten					P
pH-Wert (CaCl ₂)	6,23	0,57	6,29	0,62	n.s.
Humusgehalt (%)	3,27	0,99	3,26	1,06	n.s.
P-CAL (mg /kg Boden)	57	33	51	33	$\alpha < 0,05$
K-CAL (mg /kg Boden)	181	76	165	69	$\alpha < 0,05$
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	31,1	18,4	32,9	20,2	n.s.
Ackerfläche der LWB (ha)	26,6	17,6	27,2	20,4	n.s.
Feldfutter/Acker (%)	6,0	12,7	8,5	12,5	n.s.
Getreide/Acker (%)	51,2	14,9	42,9	13,0	$\alpha < 0,05$
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	26,1	19,4	16,8	16,1	$\alpha < 0,05$
Silomais/Acker (%)	7,5	14,4	8,3	12,8	n.s.
Mais gesamt/Acker (%)	33,6	16,2	25,1	13,5	$\alpha < 0,05$
Eiweißpflanzen/Acker (%)	1,0	4,3	0,9	3,5	n.s.
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	0,5	2,7	2,8	7,2	$\alpha < 0,05$
Ölfrüchte/Acker (%)	6,2	8,6	15,0	12,2	$\alpha < 0,05$
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	7,0	13,7	9,4	12,8	n.s.
GVE der LWB/ha LN	1,45	0,84	0,93	0,70	$\alpha < 0,05$
Rinder/GVE (%)	29,6	42,3	47,1	47,0	$\alpha < 0,05$
Schweine/GVE (%)	54,6	46,7	35,0	43,3	$\alpha < 0,05$
Geflügel/GVE (%)	4,2	18,9	6,6	21,9	n.s.

Im **Mühlviertel** überwiegt die Bewirtschaftung der Ackerflächen nach UBAG, es liegen mehr als drei Mal so viele Bodenuntersuchungsergebnisse von UBAG-Flächen vor (Tabelle 68).

Die Flächenanteile der Kulturarten unterscheiden sich im Mühlviertel kaum, nur der Anteil an Körnermais ist bei den UBAG-Betrieben signifikant niedriger, mit etwa 1% statt mehr als 4% ohne UBAG. Der Viehbestand ist mit UBAG um 0,19 GVE/ha niedriger, zugleich der Schweineanteil an den GVE ohne UBAG höher. Die Bedeutung der Schweinehaltung bleibt aber gering bei nur 8% an den Gesamt-GVE. Die übrigen Bewirtschaftungsdaten wie Feldfutter- und Silomaisanteil sind nahezu gleich.

Daher ist es wenig überraschend, dass sich die Bodenparameter in Abhängigkeit von UBAG nicht signifikant unterscheiden, die P- und K-CAL-Werte sind gleich, pH-Wert und Humusgehalt sind bei den UBAG-Flächen tendenziell höher.

Tabelle 68: Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland mit/ohne UBAG im Mühlviertel

HPG Mühlviertel: Ackerland	ohne UBAG- Teilnahme: n=831		mit UBAG- Teilnahme: n=2791		MW- Vergleich
	Mittel	s	Mittel	s	
Boden-Parameter u. Bewirtschaftungsdaten	Mittel	s	Mittel	s	P
pH-Wert (CaCl ₂)	5,69	0,47	5,74	0,46	n.s.
Humusgehalt (%)	3,58	1,10	3,66	1,46	n.s.
P-CAL (mg /kg Boden)	51	36	50	31	n.s.
K-CAL (mg /kg Boden)	207	105	208	104	n.s.
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	24,6	12,9	26,5	12,3	n.s.
Ackerfläche der LWB (ha)	13,0	8,8	13,5	8,6	n.s.
Feldfutter/Acker (%)	28,8	23,6	28,5	17,0	n.s.
Getreide/Acker (%)	45,5	19,0	45,8	15,4	n.s.
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	4,2	12,3	1,3	5,4	$\alpha < 0,05$
Silomais/Acker (%)	17,2	18,5	16,5	13,4	n.s.
Mais gesamt/Acker (%)	21,4	20,0	17,8	13,3	$\alpha < 0,05$
Eiweißpflanzen/Acker (%)	0,7	3,3	1,2	4,6	n.s.
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	0,9	3,8	1,6	5,6	n.s.
Ölfrüchte/Acker (%)	0,6	3,7	2,2	6,2	n.s.
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	29,4	23,5	29,7	16,9	n.s.
GVE der LWB/ha LN	1,43	0,59	1,24	0,44	$\alpha < 0,05$
Rinder/GVE (%)	83,1	35,1	89,6	27,1	n.s.
Schweine/GVE (%)	7,5	24,7	3,5	13,9	$\alpha < 0,05$
Geflügel/GVE (%)	1,7	12,4	1,7	11,4	n.s.

Tabelle 69: Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland mit/ohne UBAG in den Voralpen

HPG Voralpen: Ackerland	ohne UBAG- Teilnahme: n=9		mit UBAG- Teilnahme: n=39		MW- Vergleich
	Mittel	s	Mittel	s	
Boden-Parameter u. Bewirtschaftungsdaten	Mittel	s	Mittel	s	P
pH-Wert (CaCl ₂)	6,27	0,53	6,21	0,51	n.s.
Humusgehalt (%)	4,61	1,19	4,23	1,09	n.s.
P-CAL (mg /kg Boden)	81	58	68	73	n.s.
K-CAL (mg /kg Boden)	233	49	184	89	n.s.
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	22,6	3,4	35,9	15,1	$\alpha < 0,05$
Ackerfläche der LWB (ha)	13,5	10,6	12,4	6,9	n.s.
Feldfutter/Acker (%)	32,6	30,0	39,3	18,5	n.s.
Getreide/Acker (%)	20,5	19,4	26,9	21,6	n.s.
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	28,2	26,8	2,6	7,7	$\alpha < 0,05$
Silomais/Acker (%)	18,7	28,5	28,7	22,2	n.s.
Mais gesamt/Acker (%)	46,9	18,6	31,3	20,0	n.s.
Eiweißpflanzen/Acker (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	n.s.
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	0,0	0,0	0,2	0,7	n.s.
Ölfrüchte/Acker (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	n.s.
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	32,6	30,0	39,3	18,5	n.s.
GVE der LWB/ha LN	2,15	0,56	1,38	0,29	$\alpha < 0,05$
Rinder/GVE (%)	44,1	52,3	94,5	14,8	$\alpha < 0,05$
Schweine/GVE (%)	55,8	52,4	0,3	0,5	$\alpha < 0,05$
Geflügel/GVE (%)	0,0	0,1	4,9	14,5	n.s.

Aus dem HPG **Voralpen** liegen nur wenige Daten vor (Tabelle 69). Diese zeigen beispielhaft die unterschiedliche betriebliche Bewirtschaftung und Ausrichtung sehr klar. Bei geringerer Flächenausstattung erfolgt eine intensivere Tierhaltung, v.a. Schweine, von über 2,0 GVE/ha. Der Maisanteil liegt daher bei 47% bei den Betrieben ohne UBAG. Bei dieser höheren Intensität liegen höhere P- und K-CAL-Gehalte und höhere Humuswerte vor. Bei den Betrieben mit UBAG-Teilnahme überwiegt hingegen die Rinderhaltung.

Von den untersuchten Bodenparametern zeigen die etwas höheren pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalte die in aller Regel höheren Viehbestände bei den Betrieben außerhalb von UBAG an, die Unterschiede sind jedoch wegen der geringen Probenzahl und der hohen Streuung nicht signifikant. Die Steigerungen sind moderat, die P-Gehalte verbleiben im unteren bis mittleren Bereich der ausreichenden Stufe C und sind somit eine gute Voraussetzung für eine rasche Jugendentwicklung für den Mais.

Die Humusgehalte bleiben von den eher geringen Unterschieden in der Bewirtschaftung weitgehend unbeeinflusst, die Effekte der Fruchtfolge und der höhere Wirtschaftsdüngereinsatz dürften sich weitgehend ausgleichen.

Die ausgewählten Betriebsdaten der an der Landesbodenuntersuchung teilnehmenden Betriebe sind plausibel und spiegeln die Förderungsvoraussetzungen für die Maßnahme UBAG exakt wider: Diese Maßnahme wurde von Betrieben mit signifikant niedrigerem GVE-Besatz/ha LN gewählt, für die die Rinderhaltung mit einem Tierbestand bis etwa 1,5 GVE/ha ein relevantere Ausrichtung darstellt. Der Grünlandanteil und der Feldfutteranteil ist daher höher, sodass deutlich weniger als 75% der Ackerfläche mit Getreide und Mais bestellt sind. Für Betriebe mit dem Schwerpunkt intensiverer Schweinehaltung mit vorwiegender Futtergrundlage Mais und Getreide sind die Förderungsvoraussetzungen nicht bzw. kaum erfüllbar. Signifikante Effekte auf Bodenparameter (niedrige P- und K-CAL-Gehalte) in Zusammenhang mit dieser Maßnahme sind auf den niedrigeren Tierbestand und die daher geringeren Ausbringungsmengen von organischen Düngern zurückzuführen.

6.2 Begrünung von Ackerflächen

Wegen der hohen Akzeptanz und der hohen Einstiegsschwelle von mindestens 25% Begrünungsanteil am Ackerland sind nur wenige Referenzdaten verfügbar, um die Effekte der Begrünung auf die Bodenparameter, vor allem den Humusgehalt, bewerten zu können.

Aus dem **Alpenvorland** liegen über 8.000 Daten vor, davon stammen nur weniger als 5% von Betrieben, die nicht an der Begrünungsmaßnahme teilnehmen (Tabelle 70). Das betriebliche Ausmaß der Begrünungsflächen liegt zwischen 25 bis zu 40% der Ackerfläche, es wurden daher zwei Gruppen mit einem Begrünungsanteil bis 30% und über 30% gebildet.

Die Betriebe, die sich nicht an der „Begrünung von Ackerflächen“ beteiligen, verfügen über eine deutlich geringere LN, die Ackerfläche liegt im Mittel bei 16 ha gegenüber 27 ha bei den teilnehmenden Betrieben. Der Anteil an Feldfutterflächen ist etwa gleich, deutlich niedriger ist der Anteil an Ölfrüchten. Da Winterraps als Winter-Begrünung in dieser Maßnahme akzeptiert wird, müsste daher ein größerer Teil der Begrünung aktiv angelegt werden. Es dürften vor allem einzelbetriebliche, arbeitswirtschaftliche Überlegungen für die fehlende Akzeptanz der Begrünung sein.

Die Bodenparameter weisen einige signifikante Unterschiede auf: Der Humusgehalt ist auf den Flächen der Betriebe, die nicht an der Begrünungsmaßnahme teilnehmen, signifikant höher, um 0,15 bzw. 0,21%. In einem nächsten Schritt ist daher zu überprüfen, ob dieser Effekt in allen KPG in gleicher Weise vorliegt. Denn dieses 1. Auswertungsergebnis mit allen Daten aus dem HPG steht im Widerspruch zu den Bewertungen von Zwischenfrüchten bzw. Begrünungen in allen Humusbilanzierungsmodellen.

Tabelle 70: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung im Alpenvorland

HPG Alpenvorland: Ackerland	ohne Begrünung		Begrünung 25-30%			Begrünung >30%			
	n= 360		n=1.041			n=6.739			
Boden-Parameter u. Bewirtschaftungsdaten	Mittel	s	Mittel	s	Mittel	s	Mittel	s	
pH-Wert (CaCl ₂)	6,20	a	0,72	6,33	b	0,60	6,25	a	0,59
Humusgehalt (%)	3,46	b	1,16	3,31	a	0,93	3,25	a	1,03
P-CAL (mg /kg Boden)	65	b	54	56	a	32	53	a	32
K-CAL (mg /kg Boden)	177	a	93	175	a	75	171	a	72
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	19,0	a	14,2	31,0	b	16,3	32,7	b	19,8
Ackerfläche der LWB (ha)	15,3	a	13,5	26,1	b	15,6	27,4	b	19,7
Feldfutter/Acker (%)	6,7	b	17,0	4,7	a	9,0	8,6	c	14,2
Getreide/Acker (%)	50,5	c	26,2	48,5	b	16,4	46,2	a	13,4
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	25,6	b	26,4	24,7	b	18,7	19,7	a	17,6
Silomais/Acker (%)	4,1	a	12,3	6,4	b	12,8	8,1	c	13,5
Mais gesamt/Acker (%)	29,6	b	25,9	31,1	b	15,9	27,8	a	15,0
Eiweißpflanzen/Acker (%)	1,1	a	6,5	0,8	a	3,0	1,1	a	4,1
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	1,7	a	5,8	1,4	a	4,5	1,7	a	5,8
Ölfrüchte/Acker (%)	3,9	a	9,0	10,1	b	11,7	11,3	b	11,7
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	7,8	b	17,8	5,5	a	9,6	9,7	c	14,8
GVE der LWB/ha LN	1,04	a	0,98	1,11	ab	0,79	1,17	b	0,79
Rinder/GVE (%)	29,7	a	41,5	29,2	a	42,3	37,4	b	45,9
Schweine/GVE (%)	35,0	a	43,5	47,2	b	47,1	39,6	a	46,3
Geflügel/GVE (%)	7,3	b	24,7	4,7	a	18,3	5,1	a	21,0

Die mit gleichen Buchstaben markierten Mittel eines Boden- bzw. Bewirtschaftungsparameters in einer Zeile liegen innerhalb einer homogenen Gruppe und unterscheiden sich nicht signifikant, bei unterschiedlichen Buchstaben liegen signifikante Differenzen ($P < 0,05$) nach Student-Newman-Keuls vor

Auch im **Mühlviertel** nehmen fast alle Betriebe an der Maßnahme „Begrünung“ teil, der Anteil der Bodenproben von nicht begrüneten Flächen liegt unter 5%. In dieser Gruppe sind vor allem Betriebe mit deutlich geringerer LN vertreten, die mittlere LN liegt hier bei knapp 13 ha, davon 6 ha Ackerland. Bei den Betrieben mit Begrünung ist eine Ackerfläche von im Mittel 14 ha gegeben, es liegt ein etwas höherer Silomaisanteil vor; in der Gruppe mit der höchsten Begrünungsdichte liegt der Feldfutteranteil bei fast einem Drittel (Tabelle 71).

Auch im Mühlviertel weisen die Flächen von den Betrieben, die nicht an der Begrünung teilnehmen, signifikant höhere Humusgehalte auf. Auch diese Daten sind in einem weiteren Schritt auf KPG-Ebene zu überprüfen.

Tabelle 71: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung im Mühlviertel

HPG Mühlviertel: Ackerland	ohne Begrünung			Begrünung 25-30%			Begrünung >30%		
	n= 177			n=331			n=3.757		
Boden-Parameter u. Bewirtschaftungsdaten	Mittel	s		Mittel	s		Mittel	s	
pH-Wert (CaCl ₂)	5,66	a	0,55	5,87	b	0,50	5,72	a	0,44
Humusgehalt (%)	3,93	b	1,88	3,54	a	1,07	3,71	a	1,46
P-CAL (mg /kg Boden)	55	b	48	50	ab	36	48	a	30
K-CAL (mg /kg Boden)	229	b	122	214	ab	112	206	a	102
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	12,6	a	7,8	27,6	b	12,4	26,7	b	13,4
Ackerfläche der LWB (ha)	6,0	a	5,4	14,1	b	7,6	13,7	b	9,7
Feldfutter/Acker (%)	20,1	a	28,1	18,9	a	15,9	32,9	b	19,8
Getreide/Acker (%)	48,2	b	29,1	55,2	c	17,7	44,4	a	15,6
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	2,6	a	9,6	2,5	a	7,4	1,6	a	7,0
Silomais/Acker (%)	7,3	a	14,8	12,2	b	14,7	15,0	c	14,5
Mais gesamt/Acker (%)	9,9	a	16,6	14,7	b	15,3	16,6	b	15,2
Eiweißpflanzen/Acker (%)	0,5	a	3,2	1,4	b	4,6	1,3	b	4,7
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	5,4	c	14,7	2,6	b	7,5	1,2	a	3,9
Ölfrüchte/Acker (%)	2,0	a	6,6	2,7	b	6,6	1,5	a	5,1
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	20,6	a	27,9	20,3	a	16,3	34,2	b	19,7
GVE der LWB/ha LN	1,03	a	0,67	0,97	a	0,57	1,28	b	0,45
Rinder/GVE (%)	63,5	a	45,6	74,1	b	41,5	90,3	c	26,2
Schweine/GVE (%)	10,0	b	26,0	4,0	a	16,7	3,8	a	15,5
Geflügel/GVE (%)	3,9	b	17,8	4,0	b	17,4	1,2	a	9,8

Tabelle 72: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung in den Voralpen

HPG Voralpen: Ackerland	ohne Begrünung (n=5)		Begrünungs-anteil > 30% (n=47)		MW-Vergleich
	Mittel	s	Mittel	s	P
pH-Wert (CaCl ₂)	6,24	0,49	6,35	0,54	n.s.
Humusgehalt (%)	3,74	1,13	4,72	1,48	n.s.
P-CAL (mg /kg Boden)	45	21	62	64	n.s.
K-CAL (mg /kg Boden)	159	64	188	86	n.s.
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	23,9	1,2	32,5	13,5	$\alpha < 0,05$
Ackerfläche der LWB (ha)	12,0	3,5	12,4	7,8	n.s.
Feldfutter/Acker (%)	47,7	28,1	40,8	22,2	n.s.
Getreide/Acker (%)	24,9	13,9	25,7	20,8	n.s.
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	0,0	0,0	7,6	16,7	n.s.
Silomais/Acker (%)	25,4	14,2	23,8	22,4	n.s.
Mais gesamt/Acker (%)	25,4	14,2	31,4	20,3	n.s.
Eiweißpflanzen/Acker (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	n.s.
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	0,0	0,0	0,5	1,1	n.s.
Ölfrüchte/Acker (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	n.s.
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	47,7	28,1	40,8	22,2	n.s.
GVE der LWB/ha LN	1,48	0,26	1,53	0,47	n.s.
Rinder/GVE (%)	99,7	0,2	84,4	32,4	n.s.
Schweine/GVE (%)	0,3	0,2	11,0	31,1	n.s.
Geflügel/GVE (%)	0,0	0,0	4,1	13,3	n.s.

Von den **Voralpen** gehen nur 5 bzw. 47 Proben in die Auswertung ein. Aus den INVEKOS-Daten ist wegen des hohen Ackerfutteranteils kein Grund nachvollziehbar, warum nicht alle Betriebe an der Begrünungsmaßnahme (Variante C winterhart) teilgenommen haben (Tabelle 72). Ausgehend von der geringen Probenanzahl sind die Unterschiede nicht signifikant, auch nicht der um 1% höhere Humusgehalt mit dem hohen Begrünungsanteil. Eine weitere Auswertung auf Ebene der KPG ist bei der geringen Datenanzahl nicht möglich.

In Tabelle 73 sind die Bodenparameter u. Bewirtschaftungsdaten in Abhängigkeit vom unterschiedlichen Begrünungsanteil auf Ackerflächen auf Ebene der **Kleinproduktionsgebiete** als Mittelwerte enthalten. Die durchgehend geringere Ackerfläche der Betriebe, die nicht an der Begrünung teilnehmen, ist in allen KPG deutlich. Besonders in den KPG mit deutlich höherem Humusgehalt ohne Begrünung wie im Oberen Innviertel und in den Hochlagen des Mühlviertels ist die geringe Ackerfläche mit nur 6 bzw. 3 ha besonders markant. Die an der Begrünung teilnehmenden Betriebe haben etwa dreifach mehr Ackerflächen zur Verfügung. Wegen der flächenbezogenen Förderung ist der Anreiz zur Teilnahme mit größerer Flächenausstattung entsprechend größer. Zusätzlich ist es plausibel, dass im Oberen Innviertel bei dem hohen Grünlandanteil dieser Betriebe von 40% und einem Feldfutteranteil von 16% bzw. in den Hochlagen des Mühlviertels bei 53% Grünlandanteil und etwa 30% Feldfutter auf der Ackerfläche viele Ackerflächen auch als Wechselwiesen genutzt werden, wodurch deutlich höhere Humusgehalte verbunden sein können.

In den weiteren vier KPG ist kein Effekt mit zunehmender Begrünung hinsichtlich einer Steigerung des Humusgehaltes gegeben. Die Gehalte befinden sich alle auf dem mittleren Niveau der KPG, mit den niedrigsten Werten im Zentralraum und den höchsten in den Mittellagen des Mühlviertels und im Rieder Gebiet. Die Anteile der Kulturarten variieren stark. Es ist offensichtlich, dass neben der Begrünung weitere unterschiedliche Bewirtschaftungen (Kulturarten und Standorte) vorliegen.

Wegen der unterschiedlichen Betriebsgrößen wurde als weiteres Kriterium die Ackerfläche pro Betrieb eingeschränkt, sodass **nur Betriebe mit vergleichbarer Ackerfläche in der Auswertung** berücksichtigt werden, im Alpenvorland zwischen 10 – 35 ha und im Mühlviertel zwischen 6 – 20 ha. Somit wurden vor allem sehr kleine und überdurchschnittlich große Betriebe ausgeklammert. Das Ziel, nur Betriebe mit etwa derselben Ackerflächenausstattung in der Auswertung zu haben, konnte damit erreicht werden. Die Anzahl der übereinstimmenden Datensätze ging mit dieser Einschränkung zurück, auch die Probenzahl von Äckern ohne Begrünung (Tabelle 74).

Im **Grieskirchner - Kremsmünster Gebiet** haben die Betriebe ohne Ackerflächenbegrünung einen signifikant höheren Viehbesatz (+0,40 GVE/ha), wobei die Schweinehaltung vorherrscht. Dadurch ist auch der Maisanteil in den Ackerfrüchten um 15% höher. Daraus resultiert ein um 0,17% niedrigerer Humusgehalt im Vergleich zu Ackerflächen mit über 25% Begrünungsanteil.

Im **OÖ. Zentralraum** divergieren die betrieblichen Daten der Betriebe mit bzw. ohne Teilnahme an der Begrünungsmaßnahme noch stärker: Die Schweinehaltung dominiert bei den Betrieben ohne Begrünung, der Viehbesatz liegt um 0,70 GVE/ha höher. Der Maisanteil beträgt 2 Drittel. Bei den Betrieben mit Begrünungen spielt die Rinderhaltung mit 20% eine Rolle, der Feldfutteranteil umfasst 5%, Mais wird nur auf einem Viertel der Fläche gebaut. Wegen diesen Unterschieden in der Ackernutzung und dem mehr als 30%igem Begrünungsanteil ergibt sich ein signifikanter höherer Humusgehalt von 0,38%.

Tabelle 73: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung in den KPG mit ausreichender Probenzahl im Alpenvorland und im Mühlviertel

Begrünung in KPG Alpenvorland u. Mühlviertel		Grieskirch- Kremsünst.	Oberes Innviertel	Zentralraum	Rieder Gebiet	Hochlagen Mühlviertel	Mittellagen Mühlviertel
Bodenparameter u. Bewirtschaftung	Begrünungs- anteil	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Anzahl der Standorte bzw. Bodenproben	0%	134	32	60	117	49	128
	25-30%	446	68	302	179	70	261
	über 30%	2529	580	2022	1258	950	2807
pH in CaCl ₂	0%	6,18	6,05	6,82	6,06	5,79	5,61
	25-30%	6,29	5,86	6,60	6,19	5,79	5,90
	über 30%	6,25	5,87	6,59	6,00	5,64	5,75
Humus in %	0%	3,24	4,97	3,07	3,35	5,11	3,48
	25-30%	3,42	3,17	3,07	3,50	4,14	3,38
	über 30%	3,27	3,50	3,11	3,35	4,46	3,45
mg P/kg (CAL)	0%	60	48	89	65	52	56
	25-30%	58	49	57	47	56	49
	über 30%	57	40	56	48	43	50
mg K/kg (CAL)	0%	197	108	211	163	252	220
	25-30%	187	115	181	155	253	204
	über 30%	188	118	178	153	214	203
Acker in ha	0%	16	6	11	20	3	7
	25-30%	26	20	25	29	10	15
	über 30%	28	20	28	29	11	14
Feldfutter/Acker	0%	5	16	10	5	30	16
	25-30%	4	6	3	9	30	16
	über 30%	7	18	6	10	46	29
Mais gesamt/Acker	0%	34	28	32	26	4	12
	25-30%	31	32	30	33	12	15
	über 30%	30	26	25	30	7	20
Anteil ZR+Kart./Acker	0%	1	1	7	0	8	5
	25-30%	1	0	3	0	1	3
	über 30%	1	0	5	0	1	1
Ölfrüchte/Acker	0%	3	8	0	6	0	3
	25-30%	9	12	13	8	3	3
	über 30%	11	7	14	10	1	2
Getreide+Mais/ Acker	0%	85	74	68	82	56	59
	25-30%	83	77	75	80	62	72
	über 30%	78	71	69	76	49	65
GVE/ha	0%	1,37	0,77	0,80	0,94	0,89	1,09
	25-30%	1,23	0,82	0,94	1,25	0,99	0,97
	über 30%	1,29	1,29	0,91	1,31	1,17	1,32
Rinder/GVE	0%	23	46	9	40	61	64
	25-30%	24	53	18	51	68	76
	über 30%	25	83	19	62	92	90
Schweine/GVE	0%	48	0	45	29	4	12
	25-30%	58	12	49	29	6	4
	über 30%	54	6	43	27	3	4

Tabelle 74: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung in ausgewählten KPG mit gleich großen Ackerflächen pro Betrieb

Begrünung in ausgewählten KPG mit vergleichbarer Ackerfläche	Begrünungsanteil	Grießkirchen, Kremsmünster G.		Oö. Zentralraum		Rieder Gebiet		Mittellagen d. Mühlviertels	
Anzahl der Bodenproben	0%	67		21		37		68	
	25-30 %	279		189		130		161	
	über 30 %	1552		1167		735		1864	
pH in CaCl ₂	0%	6,32	a	6,97	b	5,71	a	5,50	a
	25-30 %	6,30	a	6,63	a	6,30	c	5,85	b
	über 30 %	6,24	a	6,58	a	5,99	b	5,74	b
Humus in %	0%	3,11	a	2,76	a	3,49	a	3,13	a
	25-30 %	3,39	b	3,04	a	3,59	a	3,36	ab
	über 30 %	3,26	ab	3,13	a	3,37	a	3,47	b
mg P/kg (CAL)	0%	70	b	90	b	52	a	56	a
	25-30 %	59	a	62	a	48	a	52	a
	über 30 %	59	a	56	a	51	a	50	a
mg K/kg (CAL)	0%	211	b	219	b	160	a	183	a
	25-30 %	187	a	188	a	156	a	204	a
	über 30 %	192	a	177	a	158	a	205	a
Betriebliche Ackerfläche in ha	0%	19	a	24	a	19	a	10	a
	25-30 %	21	b	21	a	22	b	13	a
	über 30 %	22	b	23	a	22	b	12	a
Anteil Feldfutter/Acker	0%	4,3	a	0,0	a	0,1	a	5,5	a
	25-30 %	3,9	a	2,5	ab	9,5	b	18,9	b
	über 30 %	5,9	a	5,5	b	11,2	b	29,4	c
Anteil Getreide/Acker	0%	49,0	a	23,3	a	60,0	b	48,6	b
	25-30 %	52,3	a	46,5	b	45,7	a	54,5	c
	über 30 %	49,8	a	42,9	b	45,7	a	44,8	a
Anteil Körnermais/Acker	0%	39,5	b	66,2	c	28,8	c	2,8	a
	25-30 %	23,1	a	29,3	b	19,3	b	2,4	a
	über 30 %	24,6	a	22,6	a	11,4	a	1,6	a
Anteil Silomais/Acker	0%	1,6	a	1,3	a	1,2	a	12,4	a
	25-30 %	7,2	b	1,7	a	13,7	b	11,0	a
	über 30 %	5,8	b	3,7	a	19,3	c	18,4	a
Anteil Eiweißpfl./Acker	0%	0,0	a	0,0	a	0,0	a	1,3	a
	25-30 %	1,2	b	0,8	a	1,0	a	1,0	a
	über 30 %	1,0	b	1,1	a	1,1	a	1,1	a
Anteil ZR+Kart./Acker	0%	0,0	a	5,8	a	0,1	b	4,1	b
	25-30 %	0,7	b	2,8	a	0,0	a	4,7	b
	über 30 %	0,4	ab	3,6	a	0,0	a	1,1	a
Anteil Ölf Früchte/Acker	0%	4,1	a	0,0	a	4,8	a	4,5	c
	25-30 %	8,3	b	11,4	b	9,2	b	2,6	b
	über 30 %	10,7	b	14,0	b	9,2	b	1,2	a
GVE/ha ohne Dauerkulturen	0%	1,75	b	1,72	b	1,19	a	0,92	a
	25-30 %	1,24	a	1,03	a	1,19	a	0,96	a
	über 30 %	1,38	a	1,05	a	1,33	a	1,35	b
Anteil Rinder/GVE	0%	12,5	a	0,0	a	35,7	a	52,2	a
	25-30 %	25,6	b	13,8	ab	55,8	b	76,5	b
	über 30 %	27,2	b	21,8	b	69,4	c	91,2	c
Anteil Schweine/GVE	0%	70,5	b	81,0	b	41,8	b	13,5	b
	25-30 %	59,4	a	62,5	a	22,3	a	4,2	a
	über 30 %	55,1	a	46,7	a	18,5	a	2,8	a

Im KPG **Rieder Gebiet** unterscheiden sich die Betriebe mit bzw. ohne Begrünung nicht hinsichtlich der Höhe des Viehbesatzes: Betriebe mit Begrünungen auf den Ackerflächen weisen jedoch einen viel höheren Rinderanteil und naturgemäß einen um etwa 10% höheren Feldfutteranteil aus. Die Maisnutzung ist entsprechend unterschiedlich, mit signifikant mehr Silomais (+18%) bei den vorwiegend Rinder haltenden Betrieben (mit Begrünung) und mehr Körnermais bei den Schweine haltenden Betrieben (ohne Begrünung). Aus diesen unterschiedlichen Bewirtschaftungsdaten folgt ein nicht signifikant höherer Humusgehalt von 0,12% auf den Ackerflächen ohne Begrünung. Insbesondere der hohe Silomaisanteil könnte dazu beigetragen haben.

In den **Mittellagen des Mühlviertels** steigen die Humusgehalte mit zunehmendem Begrünungsanteil signifikant um bis zu 0,34% an. Die Hauptursache dafür ist die damit einhergehende steigende Feldfutterfläche von 5 auf fast 30%. Ackerfutterpflanzen sind zulässige Kulturen im Rahmen der Maßnahme „Begrünung von Ackerflächen“. Die um 6% zunehmende Silomaisfläche der Betriebe mit Begrünung dürfte führt kaum zum relevanten Humusabbau beitragen.

Zwischenfrüchte (Winterzwischenfrüchte, Stoppelfrüchte, Untersaaten) weisen mit +80 bis +300 kg Humusäquivalente (in kg C/ha und Jahr) nach VdLUFA-Methode (2004) bzw. mit -60 bis +450 kg HÄQ nach der standortabhängigen Methode nach Kolbe im Vergleich zu mehrjährigem Feldfutterbau mit +600 bis +800 kg deutlich niedrigere Werte auf (Kolbe 2007). Da Zwischenfrüchte bzw. Begrünungen in der Regel nur etwa jedes 2. bis 4. Jahr in der Fruchtfolge gezielt angebaut werden und eine große Streubreite der gesamten Biomasse-Entwicklung der Begrünung in Abhängigkeit vom Anbauzeitpunkt und der anschließenden Witterung möglich ist, sind die Effekte hinsichtlich Humusaufbau naturgemäß geringer und viel variabler. Der Verminderung des Nitratverlustpotentials und der Bodenerosion durch Abschwemmung steht bei der Maßnahme „Begrünung von Ackerflächen“ stärker im Fokus.

6.3 Mulch- und Direktsaat auf Ackerflächen

Voraussetzung für die Teilnahme an Mulch- und Direktsaat ist die aktive Anlage einer über den Winter stehenden Begrünung, beim anschließenden Anbau einer Sommerung darf keine wendende Bodenbearbeitung erfolgen. Diese Maßnahme dient vorrangig dem Erosionsschutz, und sollte auch, wegen der verminderten Bodenbearbeitungsintensität, zu einer positiven Humusbilanz und möglicherweise zu einem messbaren Humusaufbau beitragen. In den aktuell in Verwendung stehenden Humusbilanzierungsmodellen (z.B. VDLUFA, Kolbe) ist die Art und Häufigkeit der Bodenbearbeitung nicht spezifiziert.

Aus dem **Alpenvorland** stehen für Vergleiche der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten in Abhängigkeit von der Teilnahme an der Mulch- und Direktsaat mehr als 7.000 Datensätze zur Verfügung (Tabelle 75). Die Betriebe mit Mulch- und Direktsaat unterscheiden sich in allen untersuchten Bodenparametern und Bewirtschaftungsdaten signifikant von den Betrieben, die keine Ackerflächen in diese ÖPUL-Maßnahme einbringen. Die Betriebe ohne Mulch- und Direktsaat betreiben überwiegend Rinderhaltung, haben einen Grünlandanteil von mehr als einem Viertel der LN und bewirtschaften nur knapp 20 ha Ackerland. Der Feldfutteranteil ist bei 15% und der Maisanteil 25%, davon die Hälfte Silomais. Bei Betrieben mit Mulch- und Direktsaat überwiegt die Schweinehaltung, der Grünlandanteil ist unter 10%, der Feldfutteranteil auf den Ackerflächen unter 3%. Der Maisanteil ist mit über 30% deutlich höher, davon aber nur knapp 5% Silomais; es werden auch mehr Rübe und Kartoffeln angebaut. Hinsichtlich der Teilnahme an der Begrünungsmaßnahme besteht kein Unterschied, weil das eine Voraussetzung für die Mulch- und Direktsaat ist. Es gibt keine konkreten Daten, ob Mulch-

oder Direktsaat durchgeführt wird; aus der Praxis ist bekannt, dass Direktsaatverfahren selten sind.

Tabelle 75: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Mulch- und Direktsaat im Alpenvorland

HPG Alpenvorland: Ackerland	ohne Mulch- u. Direktsaat: n=3116		mit > 15% Mulch- u. Direktsaat: n=3938		MW-Vergleich
	Mittel	s	Mittel	s	
Boden-Parameter u. Bewirtschaftungsdaten					Sign.
pH-Wert (CaCl ₂)	6,11	0,62	6,39	0,55	$\alpha < 0,05$
Humusgehalt (%)	3,32	1,17	3,21	0,93	$\alpha < 0,05$
P-CAL (mg /kg Boden)	50	34	57	33	$\alpha < 0,05$
K-CAL (mg /kg Boden)	160	76	181	70	$\alpha < 0,05$
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	25,7	15,6	35,6	21,8	$\alpha < 0,05$
Ackerfläche der LWB (ha)	18,2	13,5	32,4	21,4	$\alpha < 0,05$
Feldfutter/Acker (%)	14,7	17,6	2,7	6,7	$\alpha < 0,05$
Getreide/Acker (%)	48,6	16,6	45,0	13,2	$\alpha < 0,05$
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	13,6	18,5	26,5	16,6	$\alpha < 0,05$
Silomais/Acker (%)	11,8	15,4	4,5	10,8	$\alpha < 0,05$
Mais gesamt/Acker (%)	25,3	17,4	31,0	14,3	$\alpha < 0,05$
Eiweißpflanzen/Acker (%)	1,4	5,0	0,9	3,6	n.s.
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	0,6	3,2	2,8	7,2	$\alpha < 0,05$
Ölfrüchte/Acker (%)	6,7	11,2	13,8	11,3	$\alpha < 0,05$
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	16,1	18,0	3,6	7,8	$\alpha < 0,05$
GVE der LWB/ha LN	1,24	0,74	1,11	0,87	$\alpha < 0,05$
Rinder/GVE (%)	55,4	47,0	19,4	37,2	$\alpha < 0,05$
Schweine/GVE (%)	25,4	40,6	52,9	47,6	$\alpha < 0,05$
Geflügel/GVE (%)	4,5	19,5	5,9	22,3	n.s.

Die Bodenproben der Betriebe ohne Mulch- und Direktsaat weisen signifikant niedrigere pH-Werte und pflanzenverfügbare P- und K-Gehalte auf, und einen sign. höheren Humusgehalt von 0,11%. Wegen der hohen Probenzahlen werden auch bereits geringe Unterschiede als statistisch unterschiedlich bewertet. Die höheren pH-Werte können auf den höheren Anteil von kalkbedürftigeren Kulturen (Raps als Ölfrucht, Zuckerrübe) bei den Betrieben mit Mulch- und Direktsaat zurückgeführt werden; die etwas höheren Nährstoffgehalte mit der höheren Intensität der Schweinehaltung. Die um 0,11% höheren Humusgehalte bei den Betrieben ohne Mulch- und Direktsaat dürften durch den um 12% höheren Feldfutteranteil verursacht sein, die möglichen Vorteile dieser Maßnahme hinsichtlich Humusaufbau bei den Vergleichsbetrieben sind im Vergleich dazu von geringerer Bedeutung.

Bei den Proben vom **Mühlviertel** stammen mehr als 80% von Betrieben ohne Mulch- und Direktsaat, nur 444 der beprobten Flächen gehören zu Betrieben, die Mulch- und Direktsaat anwenden (Tabelle 76). Die Bewirtschaftungsdaten unterscheiden sich zumeist signifikant: Der Feldfutteranteil ist mit 43% bei den Betrieben ohne Mulchsaat doppelt so hoch, der Maisanteil hingegen ist um 50% niedriger. Der um 0,38% höhere Humusgehalt ohne Mulch- und Direktsaat ist dadurch erklärbar.

Hinzuweisen ist auch auf die größere Ackerfläche pro Betrieb bei Mulch- und Direktsaat: Für die Durchführung dieser Verfahren sind spezielle Aussaatgeräte erforderlich, die bei einer größeren Flächenausstattung eher angefordert bzw. angeschafft werden.

Weitere Auswertungen auf KPG-Ebene sind erforderlich, um Proben zu erfassen, die sich bezüglich der Bewirtschaftung nicht so stark unterscheiden.

Tabelle 76: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Mulch- und Direktsaat im Mühlviertel

HPG Mühlviertel: Ackerland	ohne Mulch- u. Direktsaat: n=3464		mit > 15% Mulch- u. Direktsaat: n=444		MW-Vergleich
	Mittel	s	Mittel	s	
Boden-Parameter u. Bewirtschaftungsdaten	Mittel	s	Mittel	s	Sign.
pH-Wert (CaCl ₂)	5,70	0,44	5,88	0,54	$\alpha < 0,05$
Humusgehalt (%)	3,76	1,51	3,38	1,02	$\alpha < 0,05$
P-CAL (mg /kg Boden)	48	31	53	36	n.s.
K-CAL (mg /kg Boden)	211	105	195	100	$\alpha < 0,05$
Landw. Nutzfl. (LN) der LWB in ha	24,8	12,8	31,0	14,1	$\alpha < 0,05$
Ackerfläche der LWB (ha)	11,9	8,3	19,6	12,0	$\alpha < 0,05$
Feldfutter/Acker (%)	33,9	20,5	16,1	14,8	$\alpha < 0,05$
Getreide/Acker (%)	45,7	17,2	43,0	15,4	n.s.
Körnermais incl. CCM/Acker (%)	0,8	5,3	7,1	12,7	$\alpha < 0,05$
Silomais/Acker (%)	13,3	14,3	20,2	16,0	$\alpha < 0,05$
Mais gesamt/Acker (%)	14,1	14,7	27,3	15,0	$\alpha < 0,05$
Eiweißpflanzen/Acker (%)	1,3	4,6	1,6	6,1	n.s.
Z-Rübe+Kartoffel/Acker (%)	1,4	5,2	1,9	6,6	n.s.
Ölfrüchte/Acker (%)	0,7	3,7	6,2	9,8	$\alpha < 0,05$
Eiweißpfl.+Feldfutter/Acker (%)	35,2	20,2	17,6	16,8	$\alpha < 0,05$
GVE der LWB/ha LN	1,25	0,46	1,20	0,63	n.s.
Rinder/GVE (%)	89,5	27,4	76,0	40,2	$\alpha < 0,05$
Schweine/GVE (%)	2,6	11,8	12,0	30,1	$\alpha < 0,05$
Geflügel/GVE (%)	1,5	10,9	3,0	15,5	n.s.

Höhere Humusgehalte ohne Mulch- und Direktsaat im Vergleich zu mindestens 15% Mulch- und Direktsaat liegen aus 3 KPG vor (Tabelle 77): Im **Altheim-Obernberger Gebiet** beträgt die Differenz 0,53%: Die Betriebe ohne reduzierter Bodenbearbeitung weisen einen höheren Feldfutteranteil (+7%) und einen um 16% niedrigeren Maisanteil auf, zugleich überwiegt die Rinderhaltung. Im **Oberem Innviertel** liegt der Unterschied beim Humusgehalt 0,46%. Auch dort ist bei den Betrieben ohne Mulch- und Direktsaat der Feldfutteranteil höher, der Maisanteil geringer und die Rinderhaltung bedeutender. In den **Hochlagen des Mühlviertels** liegen ähnliche Bewirtschaftungsunterschiede vor, die Teilnahmerate an dieser Maßnahme ist gering.

Im **OÖ. Zentralraum** ist bei den Betrieben mit einem hohen Anteil an Mulch- und Direktsaat von über 15% der Humusgehalt um 0,13% höher, obwohl sich die relevanten Bewirtschaftungsdaten in ähnlicher Weise unterschieden (z.B. höherer Feldfutteranteil und etwas geringerer Maisanteil bei den Betrieben ohne Mulch- und Direktsaat) wie bei den zuvor genannten KPG. In den anderen beiden KPG im Alpenvorland, im **Grieskirchner – Kremsmüster Gebiet** und im **Rieder Gebiet** sind die Humusgehalte auf fast gleichem Gehaltsniveau.

Tabelle 77: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Mulch- und Direktsaat in den KPG des Alpenvorlandes und des Mühlviertels

Mulch- und Direktsaat in KPG Alpenvorland u. Mühlviertel		Altheim- Oberberger Gebiet	Grieskirchen- Kremsmünster	Oberes Innviertel	Zentralraum	Rieder Gebiet	Hochlagen Mühlviertel	Mittellagen Mühlviertel
Bodenparameter und Bewirtschaftung	Mulch- und Direktsaat	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Anzahl der Standorte bzw. Bodenproben	0%	57	1123	575	482	720	974	2490
	über 15%	99	1530	58	1648	572	30	414
pH in CaCl ₂	0%	6,07	6,18	5,87	6,54	6,02	5,64	5,73
	über 15%	6,27	6,30	6,02	6,61	6,04	5,87	5,89
Humus in %	0%	3,63	3,29	3,59	3,01	3,38	4,52	3,47
	über 15%	3,10	3,28	3,13	3,14	3,32	3,66	3,36
mg P/kg (CAL)	0%	48	55	41	57	49	44	50
	über 15%	59	60	45	57	48	49	53
mg K/kg (CAL)	0%	125	185	115	178	148	220	208
	über 15%	165	194	133	180	161	193	195
Acker in ha	0%	27	19	18	15	20	10	12
	über 15%	35	32	26	31	38	23	19
Anteil Feldfutter/Acker	0%	10	12	18	15	14	45	30
	über 15%	3	2	7	2	5	30	15
Anteil Mais gesamt/Acker	0%	19	28	25	22	26	7	17
	über 15%	35	33	36	28	34	18	28
Anteil ZR+Kart./Acker	0%	1	0	0	2	0	1	1
	über 15%	3	1	0	6	0	0	2
Anteil Ölrüchte/Acker	0%	12	6	6	8	7	1	1
	über 15%	12	12	15	16	12	4	6
Anteil Getreide+Mais/Acker	0%	68	79	71	66	76	50	64
	über 15%	79	80	75	70	79	64	71
GVE/ha ohne Dauerkulturen	0%	1,02	1,34	1,25	0,97	1,28	1,14	1,29
	über 15%	1,12	1,28	0,88	0,89	1,32	1,53	1,18
Anteil Rinder/GVE	0%	66	39	80	36	68	89	90
	über 15%	43	14	47	12	48	98	74
Anteil Schweine/GVE	0%	14	43	4	25	20	3	3
	über 15%	43	64	32	50	36	1	13

Die Daten sind nicht geeignet, Unterschiede der Bodenparameter in Abhängigkeit von Mulch- und Direktsaat allein zu quantifizieren. Es spielt eine Vielzahl von Faktoren und deren Wechselwirkungen mit (Ausmaß von Feldfutterbau und Maisanbau, betriebliche Bedeutung der Rinder- oder Schweinehaltung), die stärker auf die Bodenparameter, v.a. auf den Humusgehalt wirken.

Die Datenlage ist jedoch gut geeignet, spezifische boden- und nutzungsrelevante Bewirtschaftungsweisen in den HPG und KPG zu erkennen, die zu einer hohen Teilnehmerate für Mulch- und Direktsaat beitragen: Bei einem deutlich höherem Anteil von Mais, Ölrüchten (Sojabohnen), Zuckerrüben und Kartoffeln, also den besonders erosionsgefährdeten Kulturarten, wird diese Maßnahme zielgerichtet angenommen und kann dort wesentlich zum Bodenschutz hinsichtlich Erosionsverminderung beitragen. Zur

weiteren Verminderung des P-Eintrags in Oberflächengewässer sind in zukünftigen Maßnahmen vor allem Fruchtfolgeauflagen (weniger bzw. keine erosionsanfälligen Kulturen) auf steiler geneigten Hängen mit dem Ziel der Erosionsminderung zu nennen, was bisher nicht im ÖPUL enthalten war. Wesentliches Argument ist die starke Wirkung im Vergleich zu bereits existierenden Erosionsschutzmaßnahmen (Zessner et al. 2012).

7 Modellentwicklung zur Erklärung der Response-Variablen (pH-Wert, Humus, P-CAL u. K-CAL)

Wegen der Vielzahl von erfassten Variablen (Betrieb, Bewirtschaftung, Tierkategorie, Viehbestand, div. ÖPUL-Maßnahmen) wurde getestet, ob ein Modell gefunden werden kann, das die quantitative Ausprägung der Responsevariablen erklärt. Mittels multivariater linearer Regression (multivariate ANOVA) wurden alle Variablen (Bewirtschaftungsdaten, Kulturartenanteile, Teilnahmeraten an ÖPUL-Maßnahmen) geprüft. Die Variablen, die nicht mehr in der folgenden Tabelle aufscheinen, wurden vom Modell ausgeschlossen, weil sie keinen signifikanten Beitrag zum Modell leisten.

Die Modellauswahl erfolgte nach dem Bayesian Information Criteria (BIC). Ein geringerer BIC-Wert steht hier für eine bessere Modellanpassung. Ein weiteres Maß hinsichtlich Beurteilung der Modellgüte ist das skalierte Bestimmtheitsmaß. Es gibt an, wie viel Variabilität der Daten durch das jeweilige Modell erklärt werden kann.

Um eine örtliche Beziehung ins Modell aufzunehmen, wurden einerseits das Haupt- und andererseits das Kleinproduktionsgebiet bei der Modellierung berücksichtigt. Für alle Modelle konnte festgestellt werden, dass mehr erklärende Variablen im Endmodell relevant waren, falls das HPG anstelle des KPG berücksichtigt wurde. Des Weiteren war zu erkennen, dass das Bestimmtheitsmaß etwas geringer ausfiel, falls das HPG berücksichtigt wurde. Aus diesen Gründen kann empfohlen werden lediglich das KPG in die Modellierung einfließen zu lassen. Als Referenzregionen wurden für das Ackerland der Oberösterreich. Zentralraum und für das Grünland die Mittellagen des Mühlviertels ausgewählt.

Positive Koeffizienten weisen auf eine Erhöhung der Response bei Erhöhung der zugehörigen erklärenden Variablen um eine Einheit hin. Negative Koeffizienten weisen dementsprechend auf eine Verringerung der Response bei Erhöhung der zugehörigen erklärenden Variable um eine Einheit hin (Tabelle 78).

Sind keine Koeffizienten angegeben (-) wurden die entsprechenden erklärenden Variablen nicht ins Modell aufgenommen, da sie nicht signifikant zur Modellverbesserung beitrugen.

Der Tabelle 79 sind die zu den jeweiligen Modellen korrespondierenden Bestimmtheitsmaße und Schätzer für die Standardabweichung der Response (= Standardabweichung der Fehler) zu entnehmen. Bei Modellierung derselben Response mit unterschiedlichen erklärenden Variablen steht eine geringere Varianz für eine bessere Modellanpassung.

Die Modellberechnung erfolgte getrennt für Ackerland und Grünland, es standen 12502 Beobachtungen für Acker- und 3886 Beobachtungen für Grünland zur Verfügung.

In der 1. Zahlenreihe (Intercept) steht der Basiswert, mit dem die weiteren Berechnungen mit den in den folgenden Zeilen angegebenen Koeffizienten starten. Beim Tierbestand wurde die niedrigste GVE-Dichte (bis 0,25 GVE/ha) als Referenz festgelegt, deshalb ist diese Zeile nicht in der Tabelle enthalten.

Es sollten verständlicherweise nur die Bewirtschaftungsdaten als signifikant in das Modell Eingang finden, die bereits in den vorherigen Auswertungen als signifikant ausgewiesen wurden.

Tabelle 78: Koeffizienten bei Modellierung getrennt nach Kulturart

Response-Variablen	pH-Wert		Humus (%)		P-CAL (mg/kg)		K-CAL (mg/kg)	
	AL	GL	AL	GL	AL	GL	AL	GL
Nutzungsart								
Intercept	6.5370	5.6269	3.1734	4.6420	78.91	33.47	178.59	144.80
Bewirtschaftung: „Konv“ vs. „Bio“	-	-	-	-	-3.9403	-	-	-
Anteil Rinder an GVE (%)	-0.0019	-	-	0.0078	-0.2044	-	-0.1784	0.5190
Anteil Schwein an GVE (%)	-	-	-	-	-0.0960	-	-	-
Anteil Geflügel an GVE (%)	-	-	-	-	0.0955	0.1550	-	0.7630
Anteil Ziegen, Schafe, Pferde/GVE(%)	-	-	-0.0035	-	-0.0597	-	-	-
Tierbestand: 0,25- 0,75 GVE/ha: KI-2	-	-	-	-	10.7705	-	0.9678	-
Tierbestand: 0,75 – 1,25 GVE/ha: KI-3	-	-	-	-	17.5707	-	17.3852	-
Tierbestand: 1,25 – 1,75 GVE/ha: KI-4	-	-	-	-	19.4975	-	21.6998	-
Tierbestand: 1,75 – 2,25 GVE/ha: KI-5	-	-	-	-	21.0494	-	31.9843	-
Tierbestand: > 2,25 GVE/ha: KI-6	-	-	-	-	27.7198	-	50.3372	-
Anteil Begrünung/Acker (%)	-	-	-0.0034	-	-0.1000	-	-0.2631	-
Anteil UBAG/Acker bzw. GL (%)	-	-	-	-	-	-	-	0.1709
LN des Betriebes (ha)	-	-	-	-	-0.1256	-	-	-
Anteil Feldfutter/Acker (%)	-	-	0.0084	0.0063	-0.3533	-	-	0.4995
Anteil Getreide/Acker (%)	-	-	-	-	-0.3073	-	-	-
Anteil Mais gesamt/Acker (%)	-	-	-	-	-0.0603	-	-	-
Anteil Eiweißpflanzen/Acker (%).	-	-	-	-	-0.2676	-	-	-
Anteil Kartoffeln-Rüben/Acker (%)	0.0133	-0.0030	0.0086	0.0248	0.2843	-	-	-
Anteil Ölf Früchte/Acker (%)	0.0025	-	-	-	-0.2200	-	-	-
Äußeres Salzkammergut	0.0276	0.5886	0.3925	1.3536	-10.8982	-	-31.6821	-81.1898
Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen	-0.0993	0.7196	1.5556	2.0074	28.7461	-	26.8259	-23.7343
Mittellagen d. Mühlviertels	-0.6383	Ref.	0.1630	Ref.	4.3702	Ref.	30.7533	Referenz
Hochlagen d. Mühlviertels	-0.7302	-0.0669	1.0551	1.3269	3.5801	-	47.9328	7.7666
Oberes Innviertel	-0.5320	0.3060	0.3531	2.2318	-6.1271	-	-56.0594	-67.1917
Altheim- Obernberger Gebiet	-0.3182	0.2770	0.1659	-1.5045	0.4188	-	-21.6009	-111.920
Rieder Gebiet	-0.4191	0.1413	0.2316	-0.2379	-1.8349	-	-24.5053	-58.7230
Vöcklabrucker Gebiet	-0.7697	-0.0619	-0.1030	0.2397	-6.0287	-	1.1318	-56.8859
Grieskirchen- Kremsmünster Gebiet	-0.2740	0.3084	0.1927	0.0965	1.4314	-	2.8591	-62.0458
Oberösterreichischer Zentralraum	Ref.	0.5796	Ref.	-0.9368	Ref.	-	Ref.	-73.1458

Es werden nun die einzelnen Responsevariablen und die darauf Einfluss nehmenden Bewirtschaftungsdaten im Einzelnen diskutiert:

Der pH-Wert auf Ackerland steigt mit zunehmendem Anteil von Zuckerrüben, Kartoffeln, Sojabohnen und Körnererbsen in den Ackerfruchtfolgen. Betriebe, die sich vor allem mit der Rinderhaltung befassen, weisen niedrigere pH-Werte auf, weil der Anteil an kalkbedürftigen Kulturen bei diesen Betrieben geringer ist. Die Ackerflächen eines Betriebes mit 80% Rinderanteil weisen nach dem Modell gegenüber einem Betrieb mit keiner Rinderhaltung mit einem jeweils 10% höherem Rüben/Kartoffel—und Ölf Früchte-

Anteil einen um 0,31 Einheiten niedrigeren pH-Wert auf. Weiters liegen in allen Regionen unterschiedliche pH-Werte vor.

Der pH-Wert auf Grünland wird primär von der Region, d.h. vor allem dem bodenbildenden Ausgangssubstrat geprägt.

Auf den Humusgehalt von Ackerland wirken neben den Regionen vor allem der Anteil an Feldfutter deutlich positiv: Mit der relativen Zunahme des Feldfutters um 25% erhöht sich der Humusgehalt um 0,21% ($0,0084 \cdot 25$). Weil der höhere Ackerfutteranteil charakteristisch für die Biobetriebe ist, wird die Bewirtschaftungsvariable „Bio“ vs. „Kon“ nicht mehr signifikant. Die beispielsweise hier errechnete Differenz ist auch in derselben Größenordnung wie der Unterschied zwischen „Bio“ und „Konv“. Auf die Bedeutung der Fruchtfolge, besonders den Anbau von mehrjährigen Futterleguminosen im Biolandbau wird auch von Gattinger et al. (2012) hingewiesen. Der negative Koeffizient von Begrünungen auf den Humusgehalt hängt u.a. auch mit der geringeren Ackerfläche pro Betrieb zusammen, die nicht an dieser Maßnahme teilnehmen. Spezifische Auswertungen dazu sind im vorherigen Kapitel enthalten. Die im Modell vorkommende Variable „Anteil Kartoffeln/Rübe an der Ackerfläche“ kann nicht interpretiert werden.

Eine Reihe unterschiedlicher Bewirtschaftungsdaten beeinflusst den P-CAL-Gehalt der Ackerflächen: Bei „Bio“ ist der Gehalt um 4 mg/kg niedriger. Sowohl die Tierart als auch die Intensität der Viehhaltung wirken auf diese Response-Variable: Je höher der Geflügelanteil, umso höher wird der P-CAL-Gehalt. Wenig vermindern wirkt die Schweinehaltung, stärker vermindern die Rinderhaltung, ausgehend von dem hohen Startwert von 79 mg P/kg. Auch die unterschiedlichen Ackerkulturen beeinflussen die P-Versorgung: Je mehr Kartoffeln bzw. Rüben gebaut werden, umso höher ist der P-Vorrat, weil diese Kulturen höhere Ansprüche an die P-Versorgung haben und daher mehr P-Dünger erhalten. Bei höheren Getreide- bzw. Feldfutteranteil ist die P-Versorgung der Böden etwas niedriger.

Da der P-CAL-Gehalt auf Grünland durchwegs niedrig ist, gibt es darauf keine signifikante beeinflussende Variable, abgesehen von der Geflügelhaltung.

Der K-Gehalt auf Ackerland steigt mit zunehmender Tierhaltungsintensität, mit Rinderhaltung weniger stark im Vergleich zu Schweine- und Geflügelhaltung. Auf Grünland führen ein die größere betriebliche Bedeutung der Rinder- und vor allem der Schweinehaltung zu höheren K-Gehalten. Wesentlich größerer ist die Bedeutung der regional unterschiedlichen Böden auf die mit CAL messbare K-Versorgung.

Tabelle 79: Maße der Modellgüte

	pH-Wert		Humus (%)		P-CAL (mg/kg)		K-CAL (mg/kg)	
	Acker	Grünland	Acker	Grünland	Acker	Grünland	Acker	Grünland
Schätzer Standard-abw. Response $\hat{\sigma}$	0.4999	0.4209	1.149	3.051	31.33	22.57	82.22	110.3
Bestimmtheitsmaß R^2	32.41%	14.62%	10.04%	8.22%	10.21%	0.098%	9.93%	10.45%

Insgesamt wird kein zufrieden stellendes Bestimmtheitsmaß erreicht werden (Tabelle 79): Die Streuung der pH-Werte auf Ackerland wird zu 32,5% durch die Region und die unterschiedliche Bewirtschaftung erklärt, bei Grünland zu 14,6%. Für die weiteren Bodenparameter liegt das Bestimmtheitsmaß bei etwa 10%. Eine wesentliche Ursache für

die mäßige Modellgüte könnte vor allem bezüglich des Humusgehaltes sein, dass es erklärende Variablen gibt, die einen signifikanten Einfluss haben, jedoch nicht in der Modellierung berücksichtigt werden konnten. Hier ist vor allem die Textur (Bodenart mit den prozentuellen Gehalten von Sand, Schluff und Ton) des jeweiligen Standorts zu nennen.

Die umfangreichen Daten von den süd- und mitteldeutschen Zuckerrübenanbaugebieten des Bodengesundheitsdienstes GmbH wurden auch hinsichtlich von Einflussfaktoren auf den Humusgehalt analysiert. Mittels Varianzkomponentenschätzung erwies sich als der bedeutendste Einflussfaktor auf die Humusgehalte der Mineralböden die Bodenart mit einem Varianzanteil von 32,4%, gefolgt von der Höhenlage mit 5,8%. Im nicht erklärbaren Rest (Varianzanteil 56,9%) sind nicht im Datensatz erfasste Effekte wie Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Bewirtschaftungsintensität, Messungenauigkeiten bei der Beprobung und im Labor enthalten (Ebertseder et al. 2010). Bleibt die Bodenart als erklärende Variable unberücksichtigt, verbleiben ebenfalls fast 90% der Variabilität im nicht erklärbaren Rest wie im hier entwickelten Modell.

Neben individuellen betrieblichen Entscheidungen, wie etwa die Intensität und Häufigkeit von Bodenbearbeitungen, der Zukauf von Düngemitteln oder die Wirtschaftsdüngerausbringung in Abhängigkeit der Entfernung der Schläge vom Betriebsstandort, die nicht im Modell Berücksichtigung finden, liegen auch häufig innerhalb eines Betriebes unterschiedliche standörtliche Bodenverhältnisse vor, was sich ungünstig auf die Modellgüte auswirkt. Mittels statistischer Verfahren gelingt es zwar recht plausibel, einige wesentliche Einflussfaktoren auf die Bodenparameter zu quantifizieren. Wie der Landwirt auf die große Variabilität der Bodeneigenschaften im Rahmen der Bewirtschaftung reagiert, bleibt im individuellen Erfahrungs- und Ermessensspielraum. Die Bodenuntersuchung kann dazu sehr wertvolle Hinweise liefern.

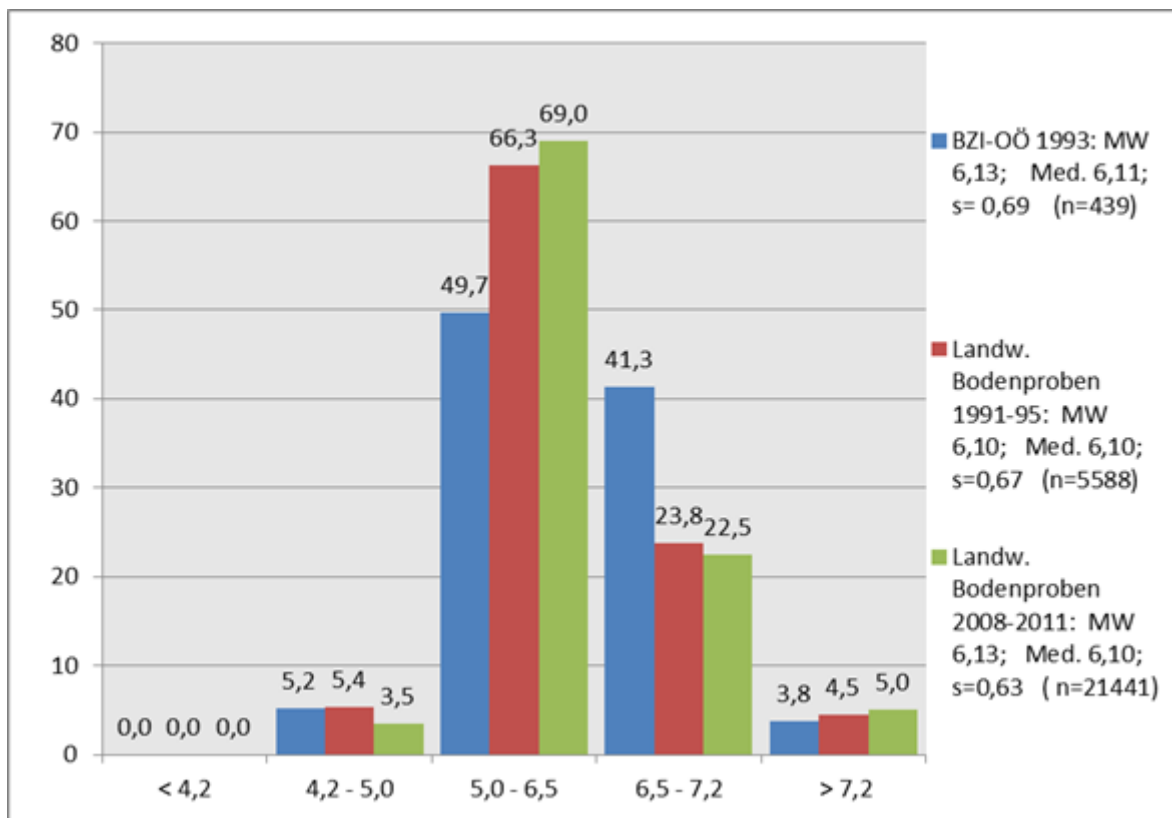
8 Entwicklungstrends der Bodenparameter auf Basis aller verfügbaren Daten zwischen 1991-95 und 2008-2011

In diesem Kapitel werden die Bodendaten der repräsentativen Bodenzustandsinventur (BZI OÖ 1993) mit den verfügbaren Ergebnissen von Proben von der landwirtschaftlichen Praxis aus dieser Periode (1991-95, beide Datensätze jeweils vor Einführung des ÖPUL) und mit den aktuellen Daten verglichen. Bei der Auswertung wurde die damalige Darstellung aus der BZI gewählt und die anderen Bodendaten entsprechend dem vorgegeben Auswertungsrahmen (der zumeist in einigen Punkten nicht der aktuellen Bewertung entspricht) dargestellt. In den folgenden Abbildungen sind die Daten der BZI (blaue Säulen), die landw. Praxisdaten aus der damaligen Periode 1991- 95 (rote Säulen) und den aktuellen Daten der Landesbodenuntersuchung incl. der Erweiterung um die landw. Praxisdaten eines Privatlabors in OÖ (grüne Säulen) aus der Periode 2008-2011 gemeinsam dargestellt.

8.1 Säuregrad (pH-Wert) auf Ackerland

Die Daten der BZI wurden nach dem in der Abbildung 5 enthaltenen Schema dargestellt, das nicht exakt der aktuellen Bewertung nach den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (2006) entspricht. Die Anteile stark saurer Ackerflächen sind zurückgegangen. Der höhere Anteil leicht saurer Proben und niedrigeren Anteile neutraler Ackerflächen bei den landwirtschaftlichen Praxisdaten, sowohl aus der früheren als auch der aktuellen Periode, ist auf die höhere Beprobungsdichte im Mühlviertel, wo leicht saure Standorte überwiegen, zurückzuführen.

Abbildung 5: pH-Wert auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Klassen in %



Um den Verlauf unabhängig von der unterschiedlichen regionalen Beprobungsdichte darzustellen, werden die Daten auf Ebene der HPG verglichen. Es wurden dazu die vier Landschaftsräume gemäß BZI-OÖ 1993 „Aubereich“, „Eiszeitliche Terrassen“, „Schlierhügelland“ und „Moränengebiet“ dem Alpenvorland zugeordnet. Die systematischen Rasterproben der BZI zeigen etwas höhere pH-Werte, bei einem geringen Probenumfang von 311 Standorten (Tabelle 80). Der pH-Wert ist im **Alpenvorland** im Zeitverlauf stabil, vor allem im schwach sauren Bereich, wodurch die meisten Haupt- und Spurennährstoffe gut pflanzenverfügbar sind. Die regelmäßige erforderlichen Kalkgaben zur Aufrechterhaltung des anzustrebenden pH-Wertes werden durchgeführt. Der Anteil von pH-Werten < 6 ist hoch, bei mittlerer und schwerer Bodenart besteht hier Aufkalkungsbedarf zur Verbesserung der Bodenstrukturstabilität.

Tabelle 80: pH-Wert auf Ackerland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Ackerland: Alpenvorland pH-Wert	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 311)	5,95	6,46	6,84
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=3814)	5,85	6,29	6,75
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=8070)	5,90	6,30	6,70
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=14940)	5,90	6,30	6,70

Im **Mühlviertel** ist der Säuregrad der Ackerflächen etwas niedriger um 5,70. Alle verfügbaren Daten belegen, dass keine Veränderungen feststellbar sind. Weil die Böden sich natürlicherweise in Richtung niedrigerer pH-Werte entwickeln, ist daraus ersichtlich, dass die meisten Landwirte durch gezielte Kalkgaben den für die vorwiegend leichten Mühlviertler Böden optimalen pH-Wert aufrecht erhalten (Tabelle 81). Auf etwa einem Viertel der Flächen besteht Aufkalkungsbedarf, wenn Gerste, Weizen oder Mais angebaut werden.

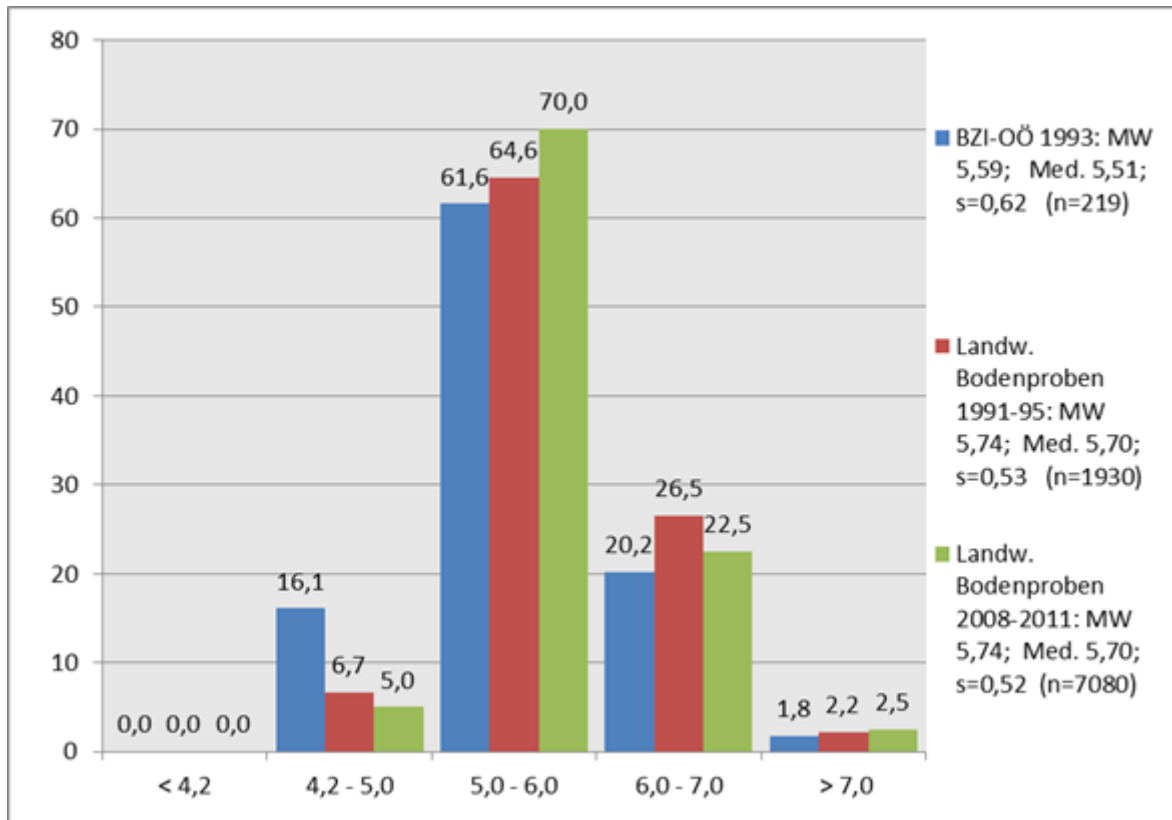
Tabelle 81: pH-Wert auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Ackerland: Mühlviertel pH-Wert	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 120)	5,30	5,70	6,00
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=1740)	5,37	5,74	6,11
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=3708)	5,40	5,70	6,00
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=6300)	5,40	5,70	6,10

8.2 Säuregrad (pH-Wert) auf Grünland

In Abbildung 6 sind die Ergebnisse entsprechend der BZI OÖ dargestellt. Bei der system. Untersuchung war der Anteil niedrigerer pH-Werte mit 16% deutlich höher als bei den Praxisproben. Bei der BZI dürften auch ungünstige, extensive Standorte beprobt worden sein, die von der Praxis seltener beprobt werden. Aktuell befinden sich die meisten der untersuchten Grünlandstandorte in dem für Grünland noch günstigen Bereich zwischen pH 5 - 6.

Abbildung 6: pH-Wert auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Klassen in %



Die Daten auf regionaler Basis für das **Alpenvorland** zeigen nur geringe Veränderungen im Säuregrad der Böden (Tabelle 82). Die BZI-Ergebnisse wiesen einen Median von 5,65 aus. Aktuell wird bei wesentlich höherem Datenumfang ein Median von 5,80 erreicht, der nur wenig niedriger liegt als der Median der landw. Praxisproben aus der Periode 1991-95 mit 5,87. Ein Viertel der Flächen weist einen pH < 5,5 auf, ein Bereich, der für leichte bis mittlere Böden als ausreichend gilt.

Tabelle 82: pH-Wert auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Alpenvorland pH-Wert	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=104)	5,32	5,65	6,11
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=653)	5,46	5,87	6,33
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=1218)	5,50	5,80	6,20
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=2543)	5,50	5,80	6,20

Im **Mühlviertel** zeigte die BZI OÖ auf einer Datenbasis von 71 Proben einen pH-Median von 5,20, wobei 25% der Werte < 4,90 lagen. Vor allem aus dieser Region wurden damals weit mehr saure Standorte beprobt als von der landwirtschaftlichen Praxis. Diese Diskrepanz zeigt, dass mit Praxisproben allein die ganze Bandbreite der real existierenden Werte nicht erfasst wird. Werden nur die Grünlandflächen der Praxisproben bewertet, die in aller Regel auch von Interesse für die Nutzung sind, zeigen sich die pH-Werte seit Anfang der 1990er Jahre stabil auf einem ausreichenden Niveau (Tabelle 83).

Tabelle 83: pH-Wert auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-1995 und 2008-2011

Grünland: Mühlviertel pH-Wert	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=71)	4,90	5,20	5,50
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=1141)	5,32	5,59	5,88
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=2476)	5,33	5,60	5,80
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=3752)	5,30	5,60	5,80

Die Grünlandproben der BZI OÖ aus dem Flysch/Kalk wurden regional überwiegend dem HPG **Voralpen** zugeordnet. Der Datenumfang der BZI-Proben war mit nur 28 Proben gering, der Median lag bei 5,70. Die aktuellen Praxisdaten aus dieser Region weisen um 0,3 bis 0,4 pH-Einheiten höhere Werte aus. Das ursprünglich kalkhaltige Ausgangssubstrat der Kalkalpen ist die Ursache für die vergleichsweise höchsten pH-Werte von 6,10 in den oberösterreichischen Grünlandregionen (Tabelle 84).

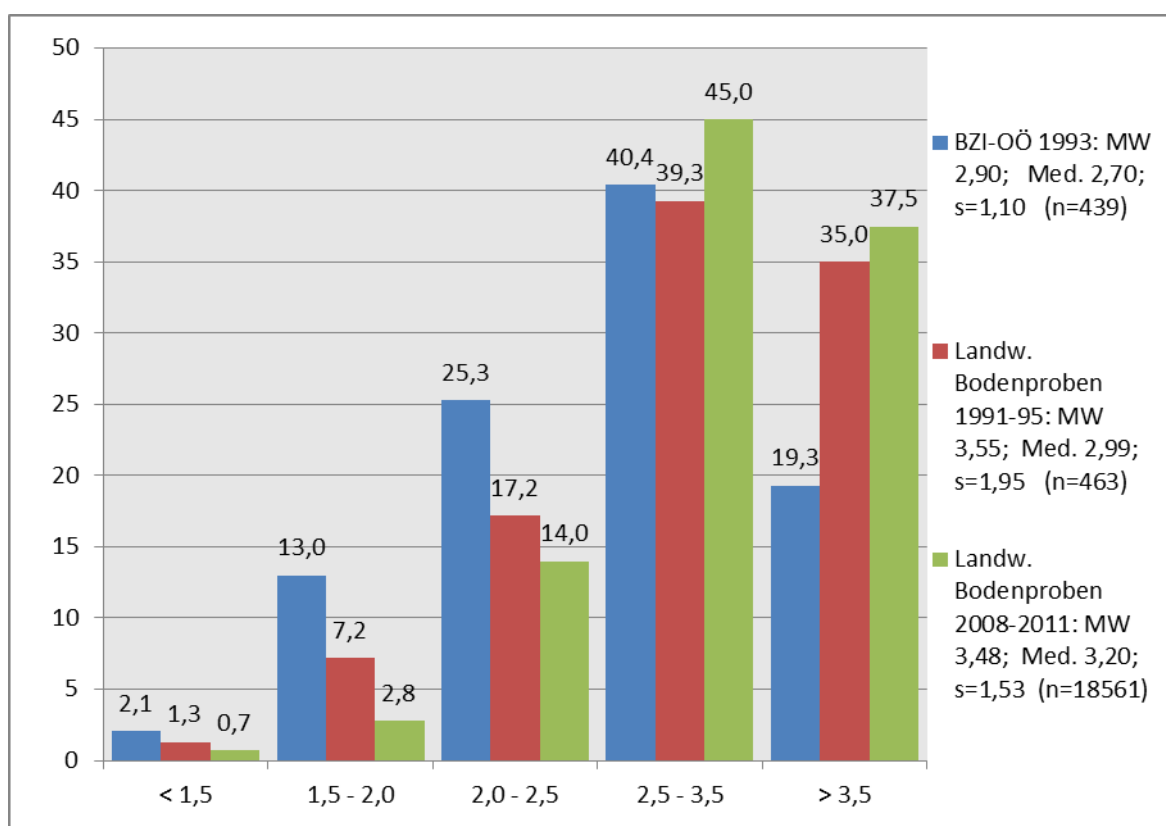
Tabelle 84: pH-Wert auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-1995 und 2008-2011

Grünland: Voralpen pH-Wert	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 28)	5,40	5,70	6,20
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=429)	5,70	6,10	6,60
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=788)	5,70	6,10	6,60

8.3 Humusgehalt auf Ackerland

In der folgenden Abbildung 7 sind alle verfügbaren Bodendaten nach denselben Humusgehaltsklassen wie bei der BZI OÖ gruppiert (siehe S. 99 BZI OÖ). Sowohl die Praxisdaten aus den 1990er Jahren als auch die aktuellen Daten (über 18.500 Ergebnisse) zeigen eine davon wesentliche Abweichung hin zu einem viel höheren Anteil von Ackerflächen mit Humuswerten über 3,5%. Zugleich liegen aktuell nur 3,5% der Proben unterhalb von 2% Humus; laut BZI-OÖ (1993) fielen über 15% in diesen niedrigen Bereich.

Abbildung 7: Humusgehalt auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsklassen in %



Die überdurchschnittlichen Probenzahlen aus dem Mühlviertel, vor allem aus den Hochlagen, führen zu dieser starken Verschiebung hin zu höheren Humusgehalten. Eine Aussage bezüglich einer Veränderung ist nur mit homogenen Datensätzen derselben Region möglich.

Weiters muss noch folgender methodischer Hinweis erfolgen, bevor daraus voreilige Folgerungen gezogen werden: Die Bodenproben der BZI-OÖ wurden nach dem Verfahren Nassoxydation mit zusätzlicher Erwärmung untersucht, die landw. Proben aus derselben Periode nach Nassoxydation ohne zusätzlicher Erwärmung (ÖNORM L 1081). Bei den aktuellen Proben erfolgte die Bestimmung des organischen Kohlenstoffs nach ÖNORM L 1080 (Trockene Verbrennung). Die Methode Nassoxydation mit Zusatzerwärmung wurde mit dem aktuellen Verfahren von der damaligen Prüfstelle (Bundesamt für Agrarbiologie, Linz) verglichen und als vergleichbar bewertet (Liftinger 2005): Die Corg-Bestimmung mittels Trockenoxydation hat eine größere Präzision im Vergleich zur Nassoxydation. Beide Methoden zeigen eine gute Übereinstimmung (Bestimmtheitsmaß von 93,5%). Die ermittelte Regressionsgerade weicht geringfügig ab, die Ergebnisse der mit dieser Formel ermittelten Werte sind in den folgenden Tabellen zusätzlich in Klammer angegeben.

Die Ergebnisse von Humusuntersuchungen (Nassoxydation ohne zusätzliche Erwärmung) sind in aller Regel durchwegs deutlich niedriger als mit dem aktuellen Verfahren mittels Trockenoxydation. Als Faktor für Vergleiche wurde von Spiegel et al. (2006) ein Faktor von 1,30 ermittelt und vorgeschlagen. Mit diesem Faktor wurden die damaligen Werte der landwirtschaftlichen Praxisproben multipliziert, um die Datensätze vergleichbar zu machen.

In Tabelle 85 ist unter Zugrundelegung der Quartile für das flächenmäßig wichtigste Ackerbaugesamt, das **Alpenvorland**, aus den Datensätzen der beiden Perioden eine sehr deutliche Steigerung des Humusgehaltes im Verlauf von 16 – 19 Jahren ersichtlich. Aktuell liegt der Median des Humusgehaltes mit 3,10% um 0,55% (0,48%) höher als bei der Beprobung für die BZI-OÖ. Zieht man den Datensatz der landw. Proben aus der Periode 1991-1995 heran, ergibt sich eine Steigerung des Medians um 0,24%.

Tabelle 85: Humusgehalt auf Ackerland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Ackerland: Alpenvorland Humus in %	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=311)	2,14 (2,17)	2,55 (2,62)	3,00 (3,11)
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=342)	2,44	2,86	3,51
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=8042)	2,60	3,10	3,60
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=12907)	2,70	3,10	3,70

Im **Mühlviertel** sind die Steigerungen des Humusgehaltes im Vergleich zur BZI OÖ im Ausmaß von 0,30% (0,17%) geringer. Vergleicht man die landw. Praxisdaten aus der Periode 1991-1995 mit den aktuellen Daten, zeichnet sich keine Änderung der Humusgehalte ab. Die Daten zeigen im Bereich zwischen 1. bis 3. Quartil nur geringe Veränderungen (Tabelle 86).

Tabelle 86: Humusgehalt auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Ackerland: Mühlviertel Humus in %	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=120)	2,70 (2,79)	3,20 (3,33)	4,20 (4,43)
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=109)	2,60	3,51	4,49
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=3701)	2,70	3,40	4,28
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=5994)	2,80	3,50	4,39

Zur Vervollständigung sind auch die aktuellen Daten von den Ackerstandorten aus den **Voralpen** in Tabelle 87 dargestellt. Aus der Vorperiode stehen keine ausreichenden Vergleichsdaten zur Verfügung. Auch in der BZI sind die nur wenigen ermittelten Daten von Ackerflächen aus diesem Gebiet nicht dargestellt, weil sie nicht als repräsentativ angesehen wurden. Die Humusgehalte liegen um 4,0%, im Bereich 3,40 bis 5,10 liegen 50% der Werte. Die Ursache für die um 0,9% bzw. 0,5% höheren Humusgehalte in den Voralpen im Vergleich zu den beiden anderen HPG ist sowohl durch die niedrigeren mittleren Temperaturen als auch in der Nutzung mit über 35% Feldfutteranteil zu finden.

Tabelle 87: Humusgehalt auf Ackerland in den Voralpen in der Periode 2008-2011

Ackerland: Voralpen Humus in %	1. Quartil	Median	3. Quartil
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=59)	3,30	4,00	5,20
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=160)	3,40	3,90	5,10

8.4 Humusgehalt auf Grünland

Grünlandnutzung wird in allen Regionen Oberösterreichs durchgeführt. Der Grünlandanteil an der LN ist sehr unterschiedlich, von fast 100% in den alpinen Zonen bis zu etwa 10% Anteil an der LN im Zentralraum. Es ist daher bei der Beurteilung von Humusgehalten vom Grünland die Herkunft mitentscheidend.

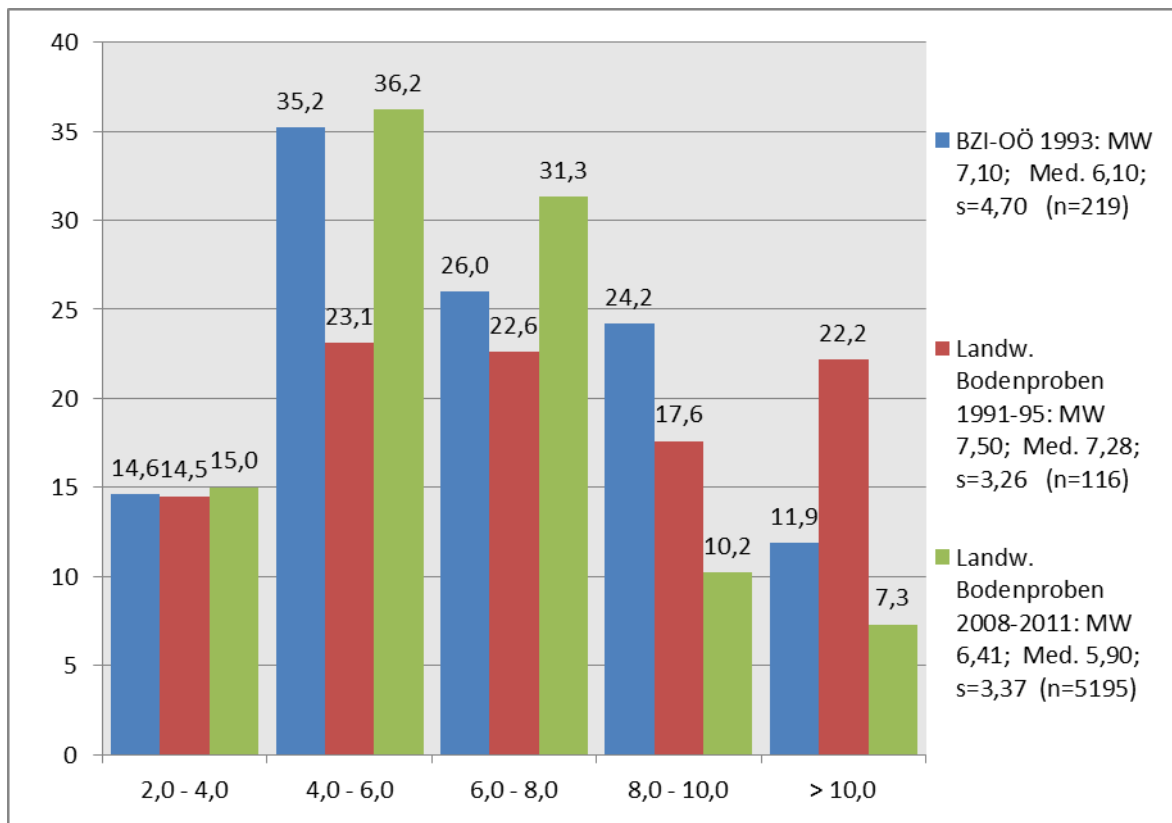
Die Humusgehalte von Grünlandböden stehen in der Diskussion über Bodenqualität, Erosionsschutz und C-Speicherung nicht so im Fokus wie die Humusgehalte von Ackerböden. Das spiegelt sich auch an der weit geringeren Probenzahl wider, vom Ackerland liegen aktuell über 18.000 Daten vor, vom Grünland über 5.000.

Für Vergleiche aus der früheren Periode stehen aus der BZI und von Praxisproben nur wenige Proben zur Verfügung. Die Daten sind daher sehr uneinheitlich, wenn über das

gesamte Bundesland OÖ analog zur BZI ausgewertet wird. Der Anteil von Proben mit sehr niedrigen Gehalten unter 4% liegt bei allen 3 Datenreihen bei 14 – 15%. Die Probenanteile mit sehr hohen Gehalten über 10% Humus variieren hingegen sehr stark, von 7 bis über 22%. Für die großen Schwankungen in den einzelnen Humusklassen kann keine kausale Begründung gefunden werden.

Die unterschiedlichen Verteilungen finden sich auch in den hohen Standardabweichungen von 3 – 5% wieder (Abbildung 8), hingegen streuen die Humuswerte auf Ackerland in einem engeren Bereich von etwa 1 – 2%. Ohne Kenntnis der regionalen Herkunft sind weitere Interpretationen nicht möglich. Weiters ist darauf hinzuweisen, dass bei nicht exakter Einhaltung der vorgesehenen Beprobungstiefe von 10 cm große Schwankungen möglich sind, weil der Humusgehalt mit der Tiefe rasch abnimmt. Bei Ackerland hat eine nicht sachgemäße Beprobung weniger starke Auswirkungen auf das Ergebnis, weil dort im Bearbeitungshorizont die Nährstoffe und der organische Kohlenstoff gleichmäßiger verteilt sind.

Abbildung 8: Humusgehalt auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsklassen in %



Auf Grünland im **Alpenvorland** fanden sich bei der BZI mittlere Humuswerte zwischen 5 und etwa 7,5%. Die aktuellen Werte liegen im Vergleich dazu um 0,5%- 0,8% niedriger (Tabelle 88).

Tabelle 88: Humusgehalt auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Alpenvorland Humus in %	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=104)	4,83 (5,12)	6,23 (6,65)	7,48 (8,02)
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=20)	3,40	5,59	7,44
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=1187)	4,50	5,50	6,90
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=1599)	4,40	5,70	7,00

Die Probenzahl aus dem **Mühlviertel**, vor allem aus der Landesbodenuntersuchung, übertrifft die Datenmenge von der BZI um das 35-fache. Wenn man diese Unsicherheit für die Datenlage der BZI außer Acht lässt, ergibt sich im Mühlviertel eine Zunahme des Humusgehaltes um 0,5 – 0,8% (Tabelle 89).

Tabelle 89: Humusgehalt auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Mühlviertel Humus in %	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=71)	4,10 (4,32)	5,10 (5,42)	6,60 (7,06)
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=62)	4,81	6,24	8,00
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=2415)	4,50	5,74	7,12
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=3019)	4,50	5,80	7,20

Auch die Humuswerte aus den **Voralpen** lassen keine plausible Bewertung des Entwicklungsverlaufes zu. Die Daten der BZIOÖ 1993 bzw. der landw. Proben aus der Periode vor 1995 zeigen im Vergleich zu den aktuellen Daten eine Abnahme - vor allem im mittleren und höheren Gehaltsbereich - um über 1,5%.

Tabelle 90: Humusgehalt auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Voralpen Humus in %	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=28)	6,10 (6,51)	8,90 (9,58)	12,60 (13,63)
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=34)	8,81	11,25	12,67
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=429)	6,10	7,30	9,20
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=577)	6,15	7,40	9,20

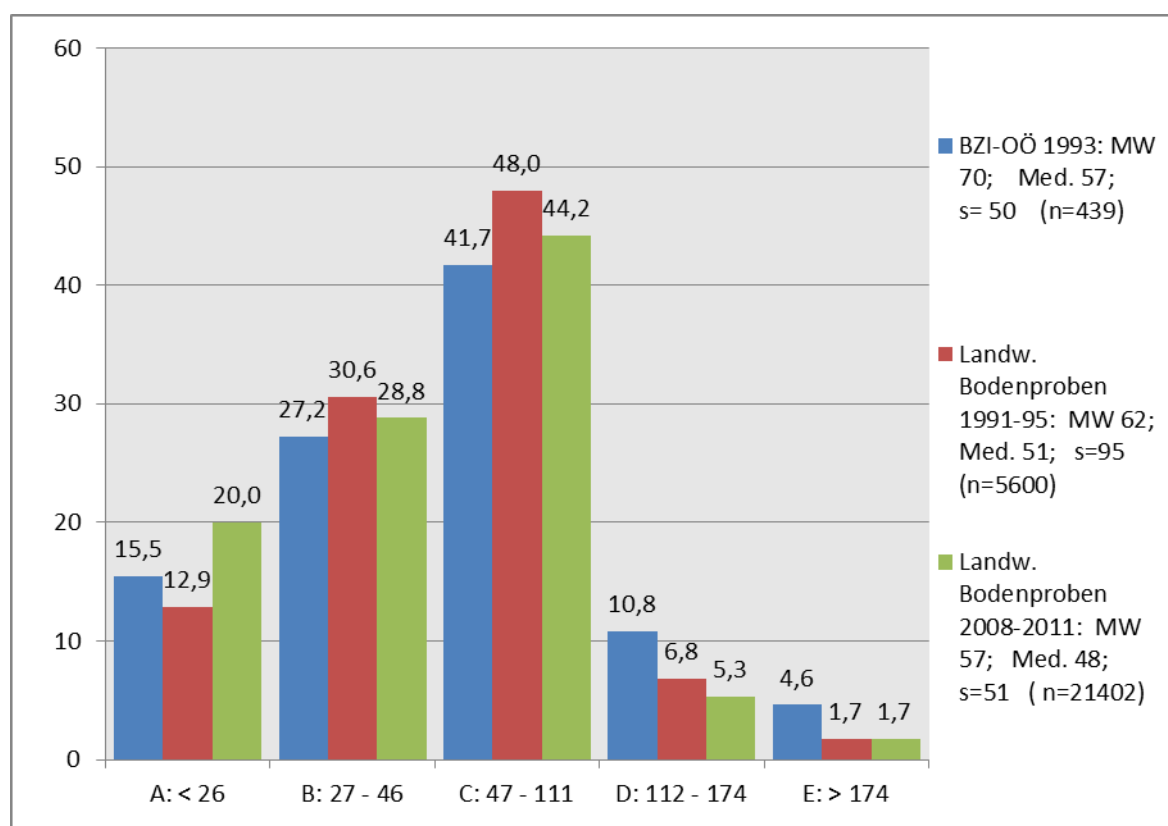
Wegen dieses uneinheitlichen Trends mit einer deutlichen Zunahme im Mühlviertel und in den anderen Regionen mit deutlichen Abnahmen ist eine plausible Aussage zum Verlauf des Humusgehaltes auf Grünland nicht möglich. Die aktuelle, umfangreiche Datenlage weist Mediane im Bereich von 5,5% Humus im Alpenvorland, 5,7% im Mühlviertel und 7,3% in den Voralpen aus. Bei weiterer Differenzierung nach KPG wird der überragende Einfluss der Höhenlage und Bewirtschaftungsintensität auf den Humusgehalt erkennbar (siehe Kapitel 3 und 4).

8.5 Pflanzenverfügbare Phosphorgehalt auf Ackerland

Der Phosphor-Gehalt in den landwirtschaftlich genutzten Böden wird wesentlich durch die Nutzungsintensität und die zugekauften Düngemittel des Betriebes bestimmt, regionale und geogene Einflüsse tragen dazu nicht bei.

Bereits die Übersicht über ganz OÖ zeigt den abnehmenden Verlauf der P-CAL-Gehalte (Abbildung 9): In der sehr niedrigen Gehaltsstufe A nehmen die Anteile zu und in den hohen und sehr hohen Stufen gehen diese zurück. Der aktuelle Median des P-CAL-Wertes liegt bei 48 mg/kg; bei der BZI.OÖ 1993 lag dieser Wert bei 57 mg/kg, in dem Datensatz der landw. Bodenproben aus dieser Periode vor ÖPUL war der Median bei 51 mg/kg. Die P-CAL-Mittelwerte sind aktuell um 13 (im Vergleich zur BZI OÖ) bzw. 5 mg/kg niedriger (im Vergleich zu den landw. Proben von 1991-95).

Abbildung 9: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen in %



Im **Alpenvorland** ist ebenfalls ein eindeutig abnehmender Trend der P-Gehalte gegeben (Tabelle 91). Neben den BZI-Daten stützt sich dieser Befund auch auf eine große Probenzahl von landw. Proben vor 1995; diese zeigen eine geringere Abnahme, die um 4 mg/kg P-CAL bei den Daten innerhalb des 1. bis 3. Quartils liegt.

Tabelle 91: Pflanzenverfügbare P-Gehalte auf Ackerland im oö. Alpenvorland lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen

Ackerland: Alpenvorland P-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 311)	-	62	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=3814)	35	51	78
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=8070)	31	48	70
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=14940)	31	48	74

Auch die Proben aus dem **Mühlviertel** zeigen einen abnehmenden Verlauf der pflanzenverfügbaren P-Gehalte. Es liegt zwischen den Werten der BZI OÖ 1993 und den landw. Proben aus dieser Periode im Median kein Unterschied vor. Der Rückgang im Verlauf von etwa 16 – 18 Jahren lässt sich mit 3 bis 10 mg/kg quantifizieren (Tabelle 92). Auf Ackerland liegt daher in allen Regionen eine einheitliche Abnahme der P-Versorgung vor.

Tabelle 92: Pflanzenverfügbare P-Gehalte auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

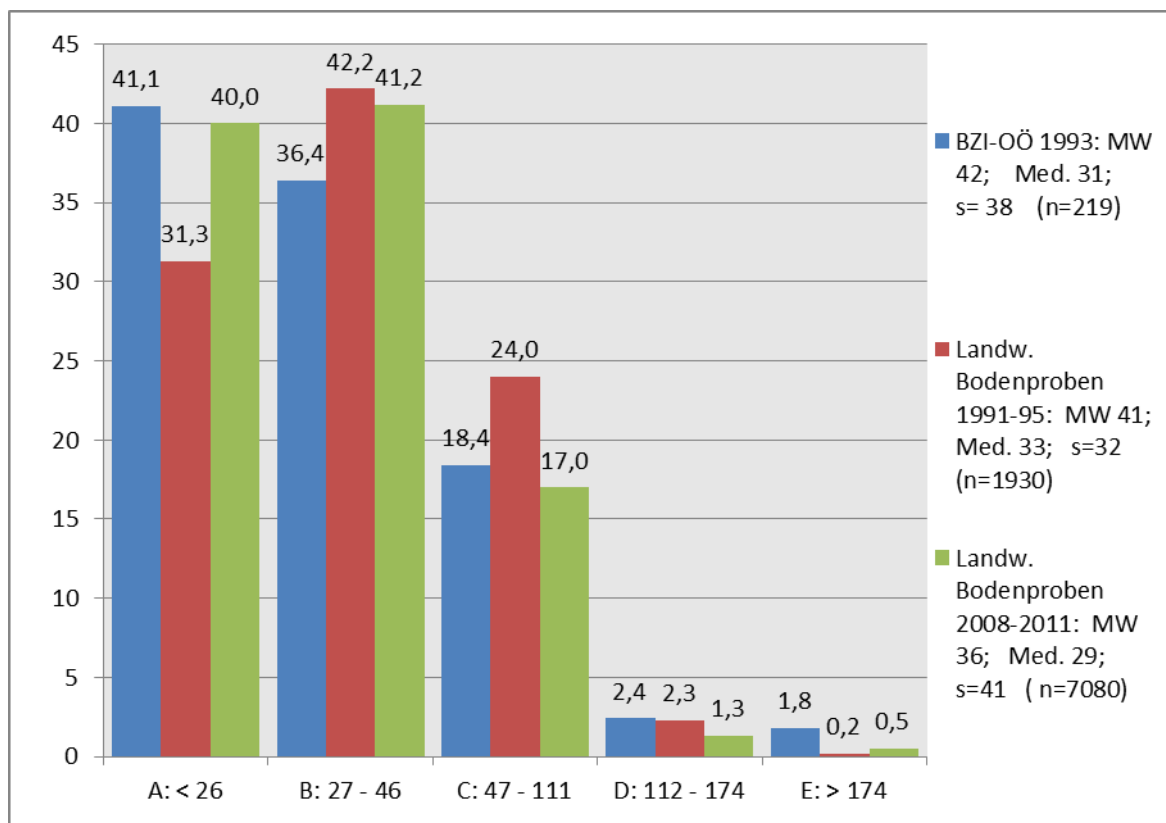
Ackerland: Mühlviertel P-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 120)	-	50	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=1740)	34	49	73
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=3708)	31	44	61
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=6300)	31	44	65

8.6 Pflanzenverfügbare Phosphorgehalte auf Grünland

Die pflanzenverfügbaren Phosphorgehalte sind generell auf Grünland niedrig. Das wird auch durch die CAL-Methode mit verursacht, weil damit der organische P-Pool nicht erfasst wird. Diese niedrige Versorgungslage wurde bereits in der Vergangenheit und aktuell auf den oö. Grünlandflächen gefunden. Der Mittelwert und der Median der aktuellen Daten liegen um 5 bzw. um 4 mg P/kg niedriger als bei den Vergleichsdatensätzen von vor 1995 (Abbildung 10).

Eine hohe Versorgung ist aktuell bei knapp 2% der Flächen gegeben, eine sehr niedrige und niedrige Versorgung (Stufen A und B) hingegen auf jeweils über 40%.

Abbildung 10: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen in %



Im **Alpenvorland** ist aus Tabelle 93 der abnehmende Verlauf der P-CAL-Gehalte um 4 – 6 mg/kg (Median) ersichtlich. Hinzuweisen ist auch darauf, dass sich der 3. Quartil-Wert um 13 mg/kg verringert hat.

Tabelle 93: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Alpenvorland P-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=104)	-	35	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=653)	26	37	57
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=1218)	22	30	39
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=2543)	22	31	44

Im **Mühlviertel** wurde die P-Versorgung, die in der Periode 1991-1995 auf einem niedrigeren Niveau lag als im Alpenvorland, weitgehend stabil gehalten: Der Median blieb unverändert bei 31 – 32 mg/kg, nur der 3- Quartil-Wert sank um 6 mg/kg (Tabelle 94), woraus sich ebenfalls ein abnehmender Trend ableiten lässt.

Tabelle 94: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Mühlviertel P-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=71)	-	31	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=1141)	23	32	45
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=2476)	22	31	39
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=3752)	22	31	39

Wesentlich deutlicher ist der Rückgang der P-Versorgung in den **Voralpen**. Der Median sank von 31 auf nun 22 mg P/kg. Die Datenlage für diese Feststellung ist aber unsicher, da von der Periode vor 1995 nur 28 Ergebnisse verfügbar sind (Tabelle 95).

Tabelle 95: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Voralpen P-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 28)	-	31	-
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=429)	13	22	31
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=788)	17	22	32

Die Datenlage ist insgesamt einheitlich und eindeutig, da in allen drei HPG die rückläufige Tendenz bei der P-Versorgung im Grünland feststellbar ist.

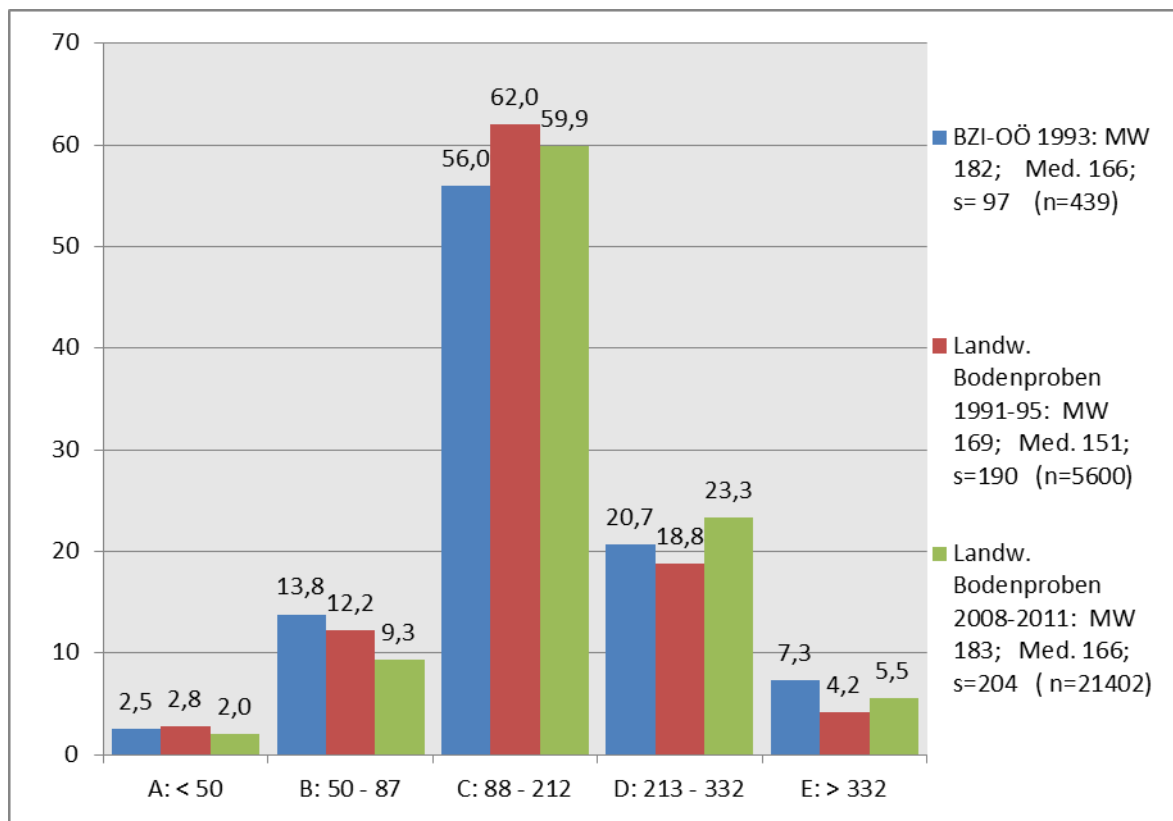
Die rückläufigen P-Nährstoffgehalte in den Acker- und Grünlandböden decken sich mit negativen P-Bilanzen in OÖ lt STATISTICS AUSTRIA (2010) und mit den Ergebnissen im Rahmen der Wassergüteehebungen: Seit etwa 1999 können in den Grundwasserkörpern in der Welser Heide, im Machland, im Eferdinger Becken, in der Traun-Enns Platte und im Unteren Ennstal generell rückläufige Konzentrationen von Phosphat im Grundwasser beobachtet werden. Seit 2006 liegt der Median der Phosphatgehalte im Eferdinger Becken

und der Welser Heide zwischen 0,1 – 0,2 mg/l, in den anderen Grundwasserkörpern unter 0,1 mg/l (Amt der Oö. Landesregierung 2012).

8.7 Pflanzenverfügbare Kaliumgehalt auf Ackerland

In der Abbildung 11 wurde die Auswertung aus der BZI OÖ (siehe S. 90) nach den damaligen Gehaltsstufen übernommen und die aktuellen Werte entsprechend dazu gestellt. Bei den pflanzenverfügbaren K-Gehalten ist ein eindeutiger Trend hin zu einer höheren K-Versorgung festzustellen: In den niedrigen Stufen A und B befinden sich aktuell 11,3% der Flächen, in der Periode vor 1995 waren es noch 15-16%. In die hohen Stufen D und E entfallen nun fast 29% der Proben, eine Zunahme um 1 – 6% gegenüber den Daten aus den 1990er Jahren.

Abbildung 11: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen in %



Auch aus Daten vom **Alpenvorland** ist eine Zunahme der K-CAL-Gehalte zu entnehmen (Tabelle 96); der Median ist aktuell je nach Vergleichsdatensatz zwischen 4 und 14 mg K/kg höher. Auffällig ist die sehr große Streuung der Werte, ein Hinweis auf die sehr unterschiedliche geogene Ausgangssituation bei den K-Gehalten im Boden.

Tabelle 96: Pflanzenverfügbare K-Gehalte auf Ackerland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Ackerland: Alpenvorland K-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 311)	-	154	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=3814)	101	144	195
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=8070)	122	166	216
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=14940)	116	158	208

Die K-Gehalte im **Mühlviertel** liegen noch etwas über den Werten im Alpenvorland. Trotz des höheren Ausgangsniveaus ist auch in dieser Region eine Steigerung der Gehalte um etwa 11 mg/kg gegeben (Tabelle 97).

Auffällig war bereits im Kapitel Tierhaltung die deutliche Steigerung der K-CAL-Gehalte mit steigendem Tierbestand, sowohl in der Rinder- als auch in der Schweinehaltung. Die Bewertung der Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger als auch der möglicherweise nicht hinterfragte zusätzliche Einsatz von NPK- bzw. PK-Mehrnährstoffdüngern ist zu überprüfen.

Tabelle 97: Pflanzenverfügbare K-Gehalte auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

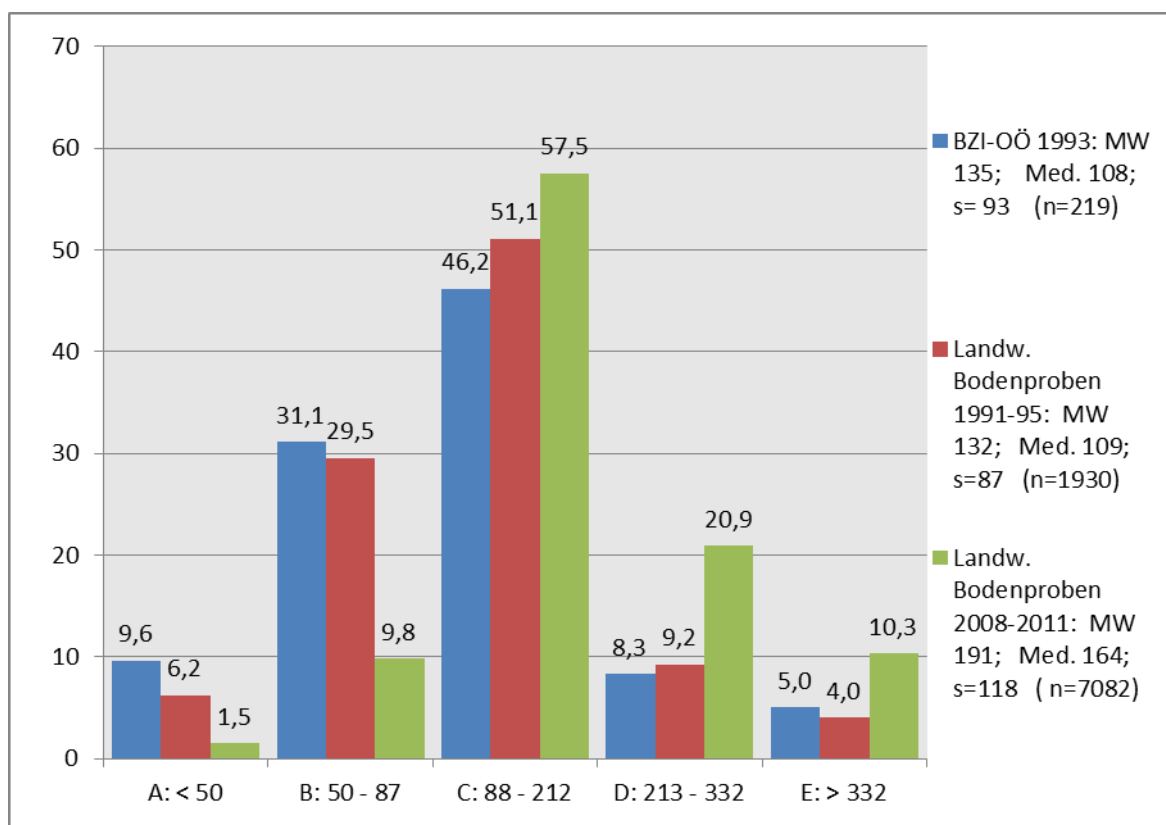
Ackerland: Mühlviertel K-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 120)	-	183	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=1740)	116	172	242
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=3708)	133	191	257
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=6300)	128	183	257

8.8 Pflanzenverfügbare Kaliumgehalt auf Grünland

Die bereits auf Ackerland beobachtete Steigerung der K-Versorgung ist auch auf Grünland zu beobachten. Die in Abbildung 12 auf den ersten Blick ersichtliche noch stärkere Zunahme der K-CAL-Gehalte beruht jedoch auf die besonders hohe Beprobungsdichte im Mühlviertel, wo geogen bedingt eine höhere K-Versorgung vorliegt.

Eine Zusammenfassung der Daten auf Ebene des Bundeslandes ist daher nicht korrekt, dieser wesentliche Hinweis ist bereits in der Bezeichnung der Abbildung 12 angebracht.

Abbildung 12: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 (höherer Probenanteil aus dem Mühlviertel) nach Gehaltsstufen in %



Im **Alpenvorland** liegt bei den aktuellen Bodenproben der Median um etwa 30 – 40 mg K/kg höher als bei der BZI bzw. von landw. Praxisproben (Tabelle 98).

Tabelle 98: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Alpenvorland K-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=104)	-	105	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=653)	71	94	131
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=1218)	100	133	191
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=2543)	92	133	183

Im **Mühlviertel** sind die Gehaltssteigerungen wesentlich höher, im Bereich von 65 – 70 mg/kg. Eine Erklärung dafür ist offen. Die niedrigen Werte der BZI.OÖ sowie der landw. Bodenproben von 1991-1995 erscheinen aus heutiger Sicht nicht plausibel (Tabelle 99).

Tabelle 99: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Mühlviertel K-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n=71)	-	125	-
BA f. BW: Landw. Bodenproben 1991-1995 (n=1141)	78	121	183
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=2476)	140	203	289
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=3752)	133	191	282

In den **Voralpen** liegt die Zunahme der K-CAL-Gehalte bei etwa 37 mg/kg und somit derselben Größenordnung wie im Alpenvorland (Tabelle 100).

Tabelle 100: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-95 und 2008-2011

Grünland: Voralpen K-CAL (mg/kg)	1. Quartil	Median	3. Quartil
BZI-OÖ - 1993: System. Rasterproben 1991-1992 (n= 28)	-	112	-
Landes-BU 2009: Landw. Bodenproben (n=429)	125	149	199
Landes-BU 2009 incl. CEWE-Daten 2008, 2010 u. 2011: Landw. Bodenproben (n=788)	116	149	198

8.9 Diskussion der Datenlage zur Beurteilung des Bodenzustandes, zur Ableitung von zeitlichen Veränderungen und zur Verbesserung des Bodenmanagements

Die vorliegende Datenlage zur Ableitung von Entwicklungstrends genügt nicht wissenschaftlichen und statistischen Ansprüchen, was bereits bei einzelnen Parametern angedeutet wurde, wie z.B. die unterschiedliche Beprobungsdichte in den Regionen.

Im Rahmen von systematischen Rasterbeprobungen wie bei einer Bodenzustandsinventur besteht für jede Fläche dieselbe Wahrscheinlichkeit in den

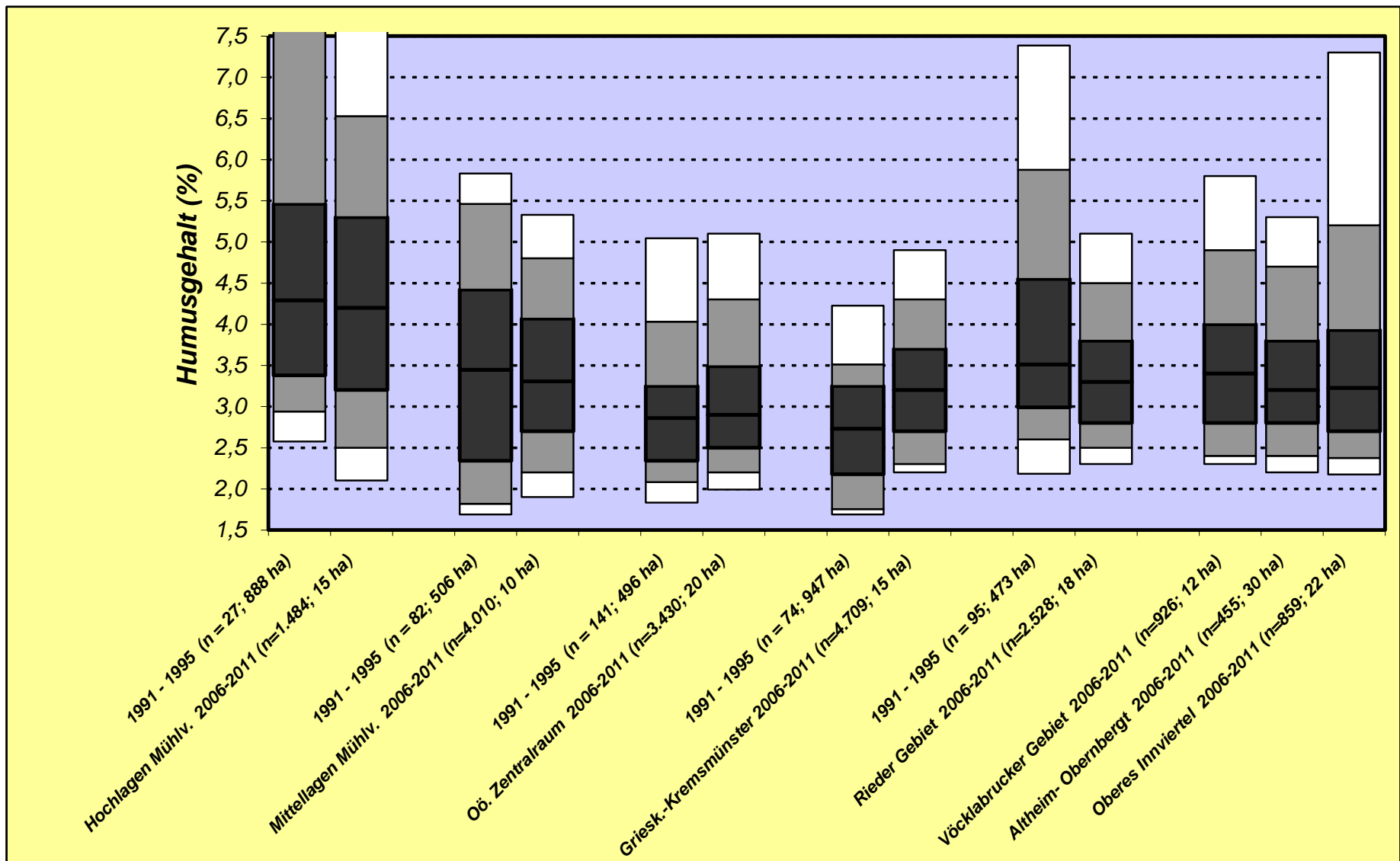
Datenpool aufgenommen zu werden. Die Anzahl der verfügbaren Datensätze in einer BZI ist aber eher gering, weil mit der Auswahl der Beprobungspunkte und der Beprobung selbst ein hoher Aufwand verbunden ist. Im Rahmen der BZI OÖ standen im Alpenvorland 311 ausgewählte Standorte von einer Ackerfläche von 228.000 ha zur Verfügung, vom Mühlviertel 120 Rasterpunkte für eine Ackerfläche von 63.000 ha, also eine Probe pro 733 ha bzw. 525 ha. Damit kann die Lage und die Streuung eines Parameters ausreichend gut beurteilt, die flächenhafte Verteilung abgeschätzt und möglicherweise auch bestimmten Gebieten ein zu erwartender Wertebereich zugeordnet werden. Ob sich Parameter mit der Zeit verändern, kann nur eindeutig mit einer Wiederholungsbeprobung beurteilt werden.

Wenn landwirtschaftliche Praxisdaten von freiwilligen Beprobungen von interessierten Landwirten (wie bei der OÖ. Landesbodenuntersuchung) bzw. von Bodenuntersuchungsergebnissen im Rahmen von Verpflichtungen durch bestimmte Maßnahmen aus dem ÖPUL (z.B. Integrierte Produktion) für Auswertungen verwendet werden, ist zu beachten, dass dabei meist ein ganz spezifischer Datenpool ausgewählt wird: Einerseits sind es eher interessierte Landwirte, die ihre Bewirtschaftungspraxis überprüfen wollen (trotz der hohen Probenzahlen im Rahmen der Landesbodenuntersuchung in OÖ stehen damit nur Ergebnisse von Betrieben zu Verfügung, die in Summe 17% der landwirtschaftlichen Nutzfläche von OÖ abdecken, vom Mühlviertel sind es 20%), andererseits kommen überproportional viele Bodendaten von Betrieben in die Auswertungen, deren betriebliche Ausrichtung auf Kartoffel-, Zuckerrüben- oder Feldgemüsebau incl. Kürbis fokussiert ist, und vor allem die Flächen des Betriebes, die für die genannten Kulturen besser geeignet sind. Ackerflächen von weniger spezialisierten Marktfruchtbetrieben sowie Acker- und Grünlandflächen von Nutztier haltenden Betrieben sind unterrepräsentiert. Die teilweise sehr unterschiedlichen Mediane von Bodenparameter zwischen BZI OÖ und den Praxisproben in einzelnen HPG zeigen diesen Sachverhalt auf. Zur Ableitung von zeitlichen Entwicklungstrends sind auch Daten von der landwirtschaftlichen Praxis geeignet, wenn ausreichend Daten für regionale Auswertungen zur Verfügung stehen und deren Repräsentativität (hinsichtlich regionstypischer Bewirtschaftung) überprüft wurde.

Die in diesem Kapitel verwendeten Datenreihen von Bodenparametern zur Ableitung von zeitlichen Entwicklungstrends entsprechen nur bedingt den soeben diskutierten Vorgaben. Weil alle verfügbaren Daten einbezogen wurden, ist es daher aktuell die bestmögliche Abschätzung der Entwicklung. In der folgenden **Abbildung 13** ist die zeitliche Entwicklung der Humusgehalte auf Ackerland für die KPG in OÖ mit allen verfügbaren Praxisdaten dargestellt. Trotz der sehr unterschiedlichen Probenanzahl von den Vergleichsperioden sind die Verteilungen für einige Regionen durchaus plausibel, z. B. vom OÖ. Zentralraum. Wegen der sehr geringen Probenzahlen aus der früheren Periode sind diverse Steigerungen bzw. Abnahmen der Humusgehalte nicht bewert- und interpretierbar. Während aktuell pro 10 – 30 ha Ackerland ein Bodenuntersuchungsergebnis zur Bewertung herangezogen werden kann, stand von der Periode vor ÖPUL nur ein Humusgehaltswert pro 473 bis 888 ha Ackerland zur Verfügung.

Das Erfordernis möglichst repräsentativer und umfassender Bodendaten von allen unterschiedlichen Betriebstypen und Standorten ist gegeben, wenn es nicht allein bei einer allgemeinen Trendbeschreibung und einer sehr vorsichtigen Diskussion über die Entwicklung des Bodenzustandes bleiben soll. Denn nur dann können zielgerichtete Maßnahmen zur Verbesserung des Säuregrades, der Nährstoffversorgung oder des Humusgehaltsniveaus erfolgen, zugleich stehen statistisch abgesicherte Daten für Bodenzustandsentwicklungen zur Verfügung, sowohl für die Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen als auch zur Bewertung der nachhaltigen Nutzung und zukünftigen Produktivität der landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Abbildung 13: Humusgehalte (Verteilung Q5, Q10, unterer Quartil, Median, oberer Quartil, Q90, Q95) in den oberösterr. KPG in den Perioden 1991-1995 u. 2006-2011 (mit Angabe der Probenzahl u. Beprobungsdichte in ha)



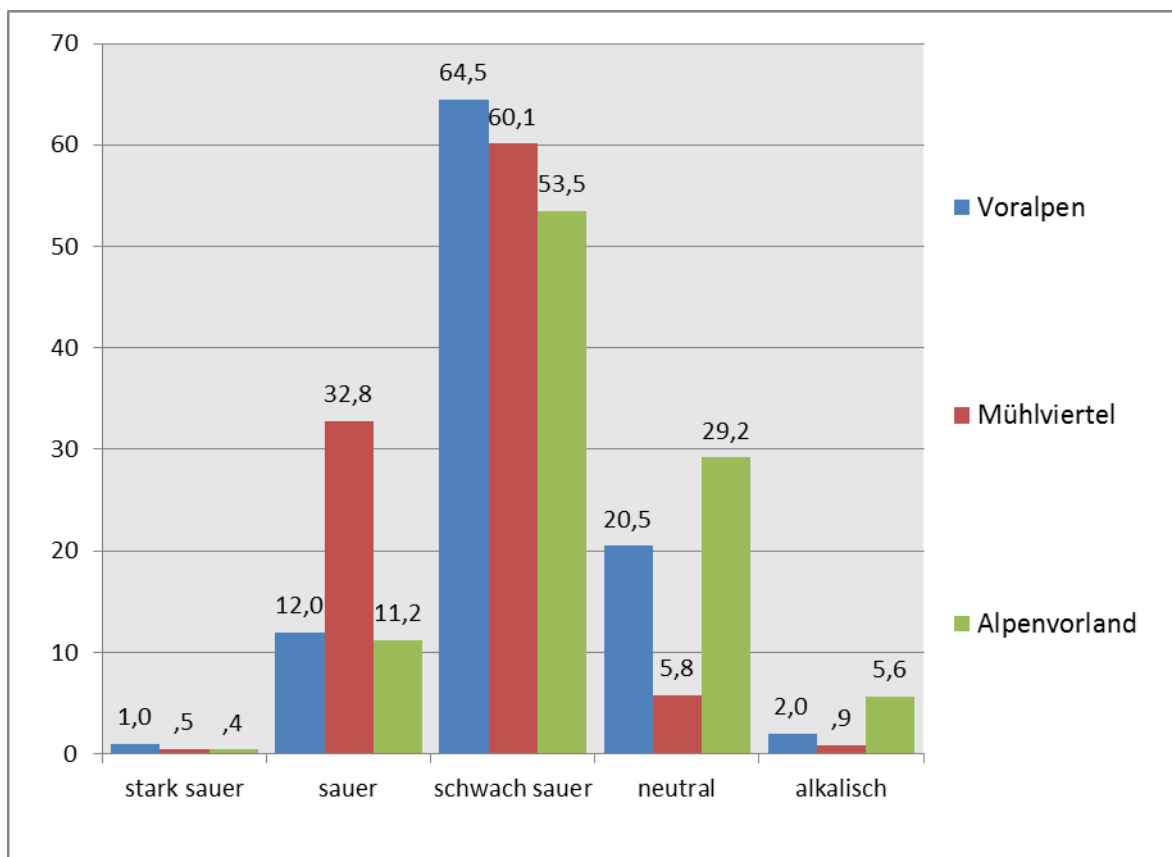
9 Aktueller Status der Bodenparameter in Oberösterreich nach Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage

Wegen der unterschiedlichen Einstufung der Bodenparameter im Rahmen der BZI und den aktuellen Richtlinien für die sachgerechte Düngung wird nun der aktuelle Status der drei Regionen Alpenvorland, Mühlviertel und Voralpen dargestellt.

9.1 pH-Wert auf Acker- und Grünland

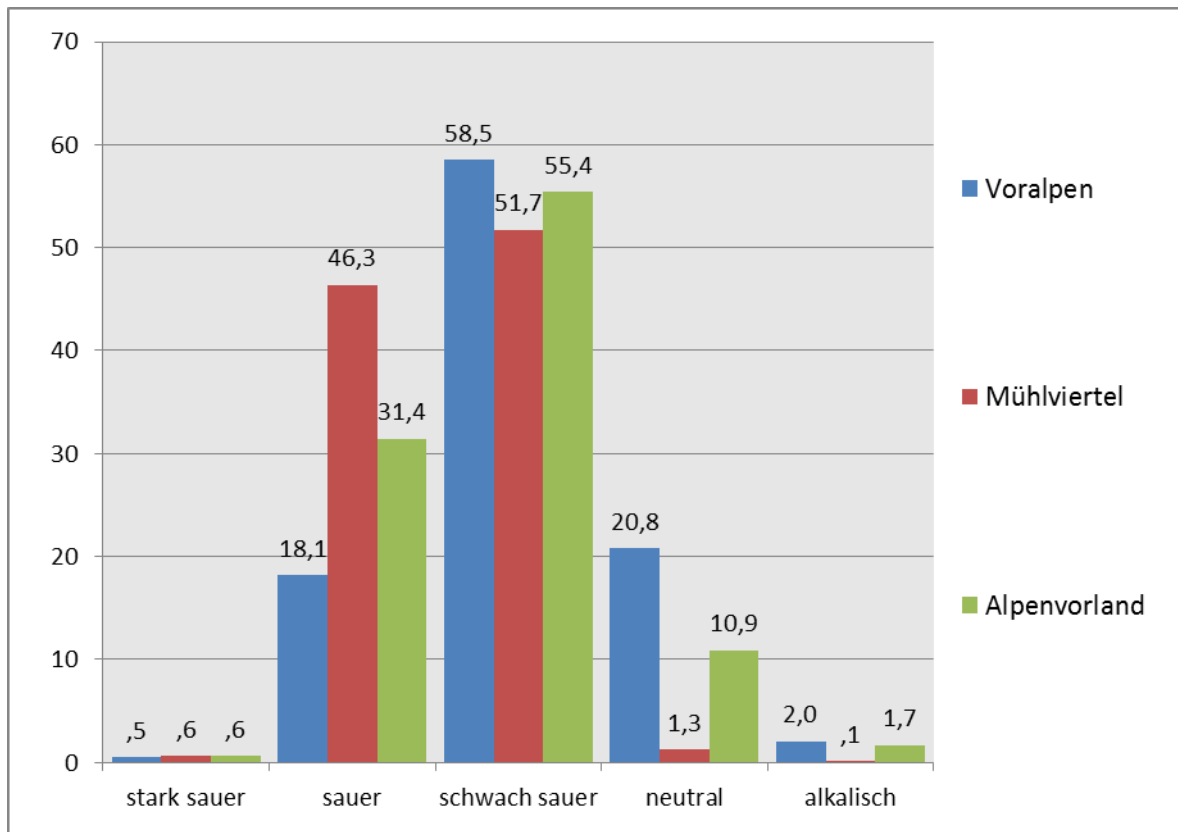
Der Zustand des Säuregrades in den öö. Ackerflächen ist geprägt durch den sehr hohen Anteil von Flächen im schwach sauren Bereich von pH 5,6 bis 6,5 (Abbildung 14) mit günstigen Bedingungen für die Nährstoffverfügbarkeit und die biologischen Umsetzungsprozesse betreffend die Nährstoffnachlieferung. Regelmäßige Kalkgaben zur Aufrechterhaltung dieses pH-Bereiches sind erforderlich. Der Anteil stark saurer Standorte (pH < 4,6) liegt unter 1%. Im sauren Bereich von pH 4,6 – 5,5 befindet sich fast ein Drittel der Proben aus dem Mühlviertel, in den anderen Gebieten sind 11-12% in diesem kritischen pH-Bereich. Gezielte höhere Kalkungen zur Anhebung des pH-Wertes sind hier angezeigt. Höhere Anteile neutraler bis alkalischer Standorte sind im Mühlviertel selten anzutreffen.

Abbildung 14: Säuregrade (pH-Wert-Klassen in %) auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011



Auf Grünland befinden sich ebenfalls in allen Gebieten mehr als 50% der Proben im schwach sauren Bereich. Stark saure Standorte sind sehr selten, saure Standorte sind im Mühlviertel mit 46% sehr häufig (Abbildung 15). Für die überwiegend leichten Böden dieser Region liegt der akzeptable pH-Bereich um 5, sodass aktuell für etwa 20% der Standorte ein dringlicher Aufkalkungsbedarf besteht. Die Entwicklung ist auch in den anderen Regionen weiter zu beobachten, weil keine relevanten Pufferreserven für Säuren im Boden vorhanden sind. Dort befinden sich 18 bis 31% der Grünlandflächen im sauren Bereich, was mitunter auf mittleren und schweren Böden des Alpenvorlandes bereits ungünstig ist. Alkalische Grünlandstandorte kommen nur selten vor (< 2%).

Abbildung 15: Säuregrade (pH-Wert-Klassen in %) auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011

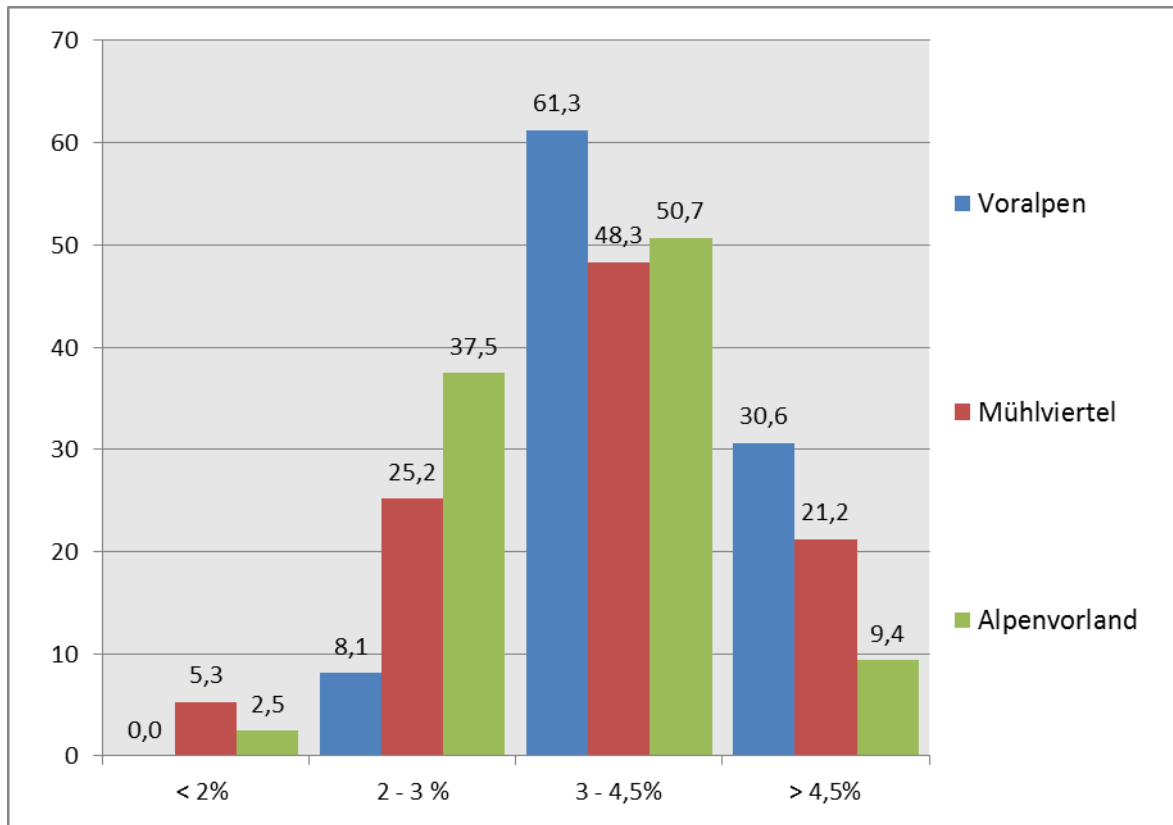


9.2 Humusgehalt auf Ackerland

Bei den Humusgehalten wurde eine zusätzliche Bewertungsstufe im mittleren Bereich eingeführt, von 2-3% und von 3-4,5%. Damit ist auch der Anteil der Proben ersichtlich, der nur knapp oberhalb des kritischen Gehaltes von 2% liegt, während man ab 3% Humus durchaus von einem ausreichenden Niveau auf Ackerland sprechen kann.

Als überwiegend günstig ist das Humusgehaltsniveau auf den oö. Ackerflächen zu bewerten. In den ackerbaulich wichtigen Gebieten des **Alpenvorlandes** und des **Mühlviertels** liegen etwa 50% der beprobten Flächen im Bereich von 3 – 4,5%. Diese Böden – auch einschließlich der mit schwerer Bodenart - befinden sich somit durchwegs innerhalb des optimalen Humusgehaltsbereiches. Über 4,5% Humus liegen 20% der Mühlviertler Äcker und 10% aus dem Alpenvorland.

Abbildung 16: Humusgehaltsklassen in % auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011



Der Anteil zu niedriger Humusgehalte ist im Mühlviertel mit 5% höher, was auch auf die dort häufig vorkommenden leichten Böden zurückgeführt werden kann. Bei solchen Standorten ist eine Anhebung des Humuswertes wegen der höheren Mineralisierungsraten schwieriger. In den kritischen Bereich zwischen 2-3% Humus fallen 25% der Mühlviertler und 37% der Proben aus dem Alpenvorland. Dort ist durch gezielte Maßnahmen darauf zu achten, dass der C-Vorrat zumindest stabil gehalten wird. Auf mittleren und vor allem auf schweren Böden ist eine Steigerung des Humuspools anzustreben.

Die Äcker in den **Voralpen** weisen höhere Gehalte auf, nur 8% der Standorte befinden sich im kritischen Bereich, während über 30% einen Humusgehalt über 4,5% erreichen. Der hohe Feldfutteranteil von etwa 40% trägt wesentlich zu diesen höheren Werten bei.

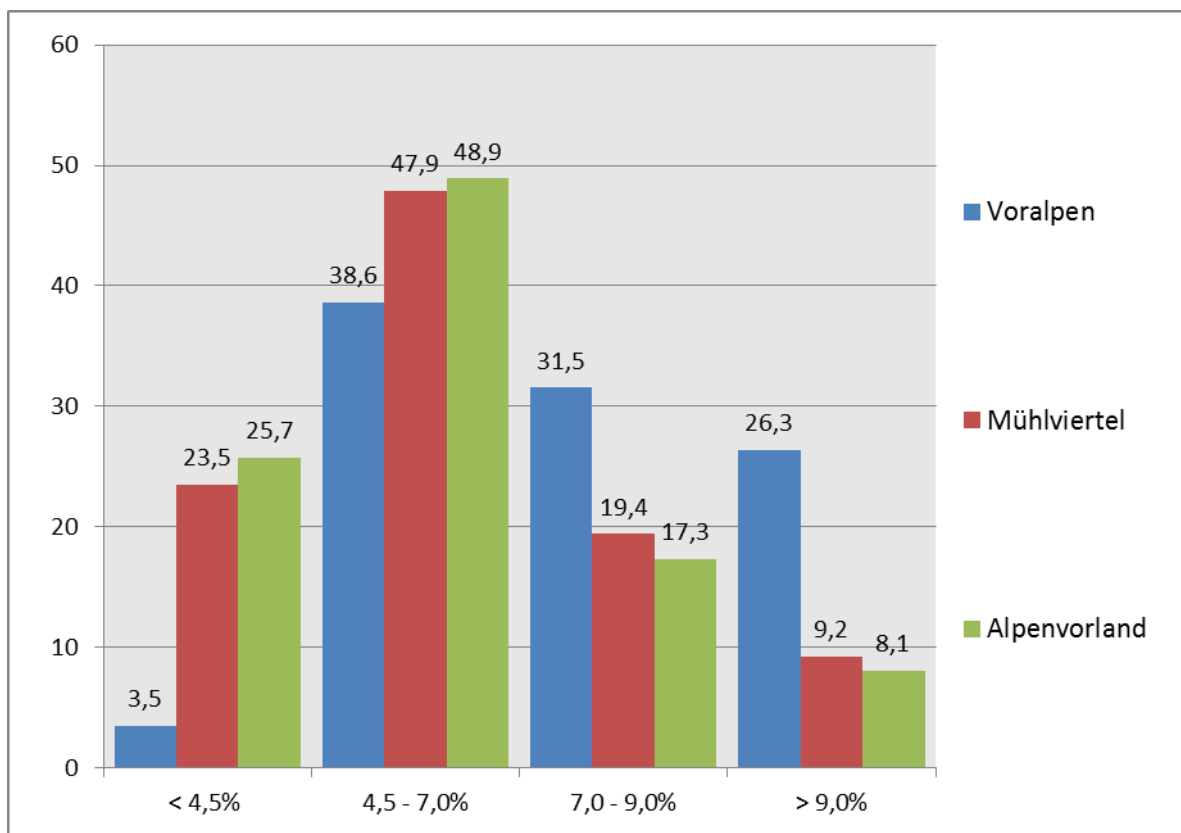
9.3 Humusgehalt auf Grünland

Auf Grünland liegt eine dem Ackerland vergleichbare Verteilung der Humusgehalte in den Regionen vor.

Die Verteilung der Humusklassen im **Alpenvorland und Mühlviertel** unterscheidet sich nur gering: Sehr hohe Gehalte über 9% sind bei knapp 10% der Grünlandflächen gegeben, niedrige Gehalte unter 4,5% liegen bei etwa einem Viertel. Knapp 50% der Proben liegen in der Klasse mit 4,5 – 7% Humus (Abbildung 17).

In den **Voralpen** ist der Anteil niedriger Werte mit knapp 4% gering, mehr als Viertel der Standorte erreicht Gehalte über 9% Humus. Die niedrigere Nutzungsintensität und die Höhenlage bestimmen die Entwicklung der Humusgehalte wesentlich mit.

Abbildung 17: Humusgehaltsklassen in % auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011

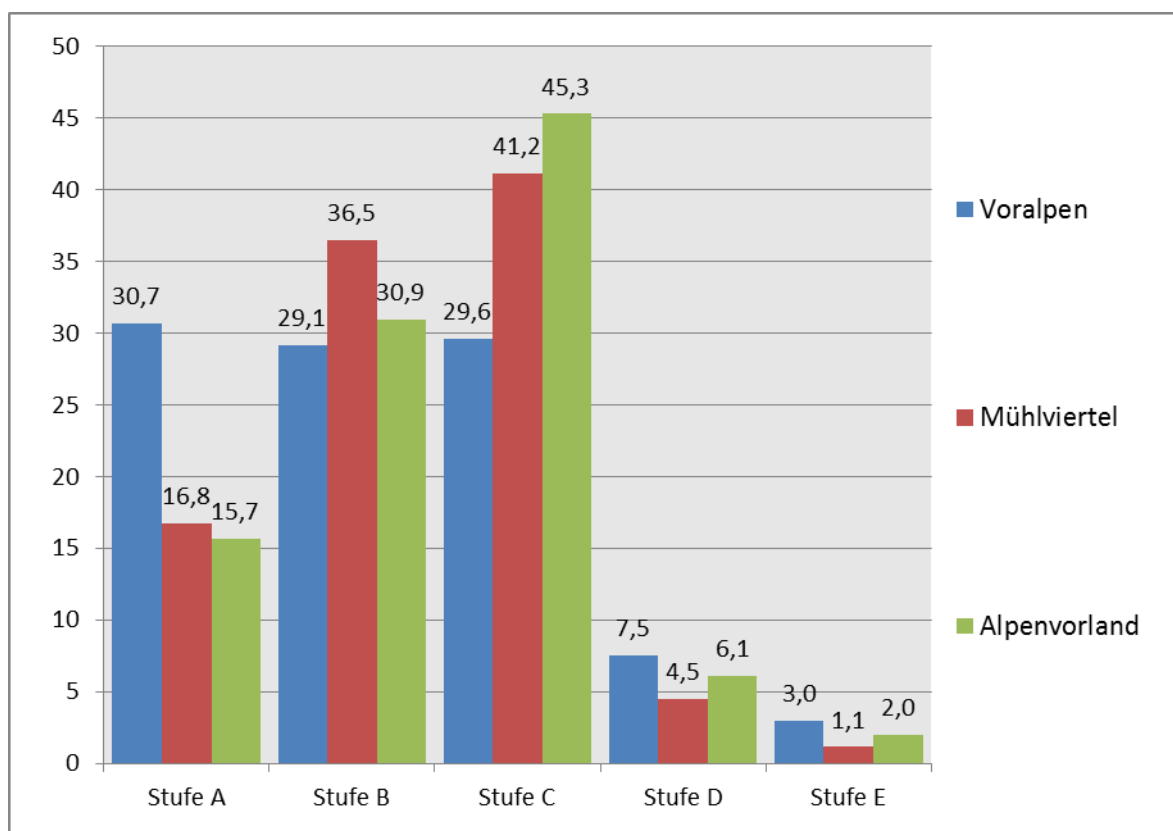


9.4 Pflanzenverfügbare Phosphorgehalt auf Acker- und Grünland

Auf **Ackerland** ist im **Alpenvorland** die P-Versorgung am günstigsten: 45% der Proben liegen in der anzustrebenden Stufe C (davon 7% im oberen Bereich der Stufe C über 90 mg/kg, wo bereits ein 50%-iger Abschlag für die P-Düngung empfohlen wird), eine höhere Versorgungslage wurde auf 8% der Standorte festgestellt. In die niedrigen Gehaltsstufen A und B entfallen mehr als 46% der Proben (Abbildung 18). Im **Mühlviertel** liegen um etwa 5% mehr Proben in der niedrigen Stufe B und entsprechend weniger in der Stufe C als im Alpenvorland; 5% der Standorte weisen P-CAL-Werte zwischen 90 und 111 mg/kg auf, dem Bereich mit bereits 50%igem Abschlag bei der P-Düngung. Nach den Richtlinien für die sachgerechte Düngung ist die Versorgungslage insgesamt als niedrig (mit 46-53% in den niedrigen Stufen A und B) zu bewerten. Bei etwa 6 -8% der Standorte liegen P-Reserven im Boden vor, sodass keine P-Düngung empfohlen wird.

Ungünstiger ist die Versorgung in den **Voralpen**, wo mehr als 60% der Standorte den niedrigen Gehaltsklassen zugeordnet wird. Durch die hohen Anteile an Feldfutter, das den Boden intensiver und ganzjährig durchwurzelt und so von der Mineralisierung von org. gebundenem Phosphor gut profitieren kann, halten sich die Ertragseffekte in Grenzen. Sommerungen und v.a. Hackfrüchte wie Kartoffeln oder Zuckerrüben reagieren stärker auf eine niedrige P-Versorgung mit Ertragsminderungen; diese Kulturen werden in diesem Gebiet aber nicht gebaut, nur der Mais, vor allem der Silomaisanbau hat eine größere Bedeutung mit einem Anteil von etwa einem Drittel der Ackerfläche.

Abbildung 18: Phosphor-Gehaltsklassen in % auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011



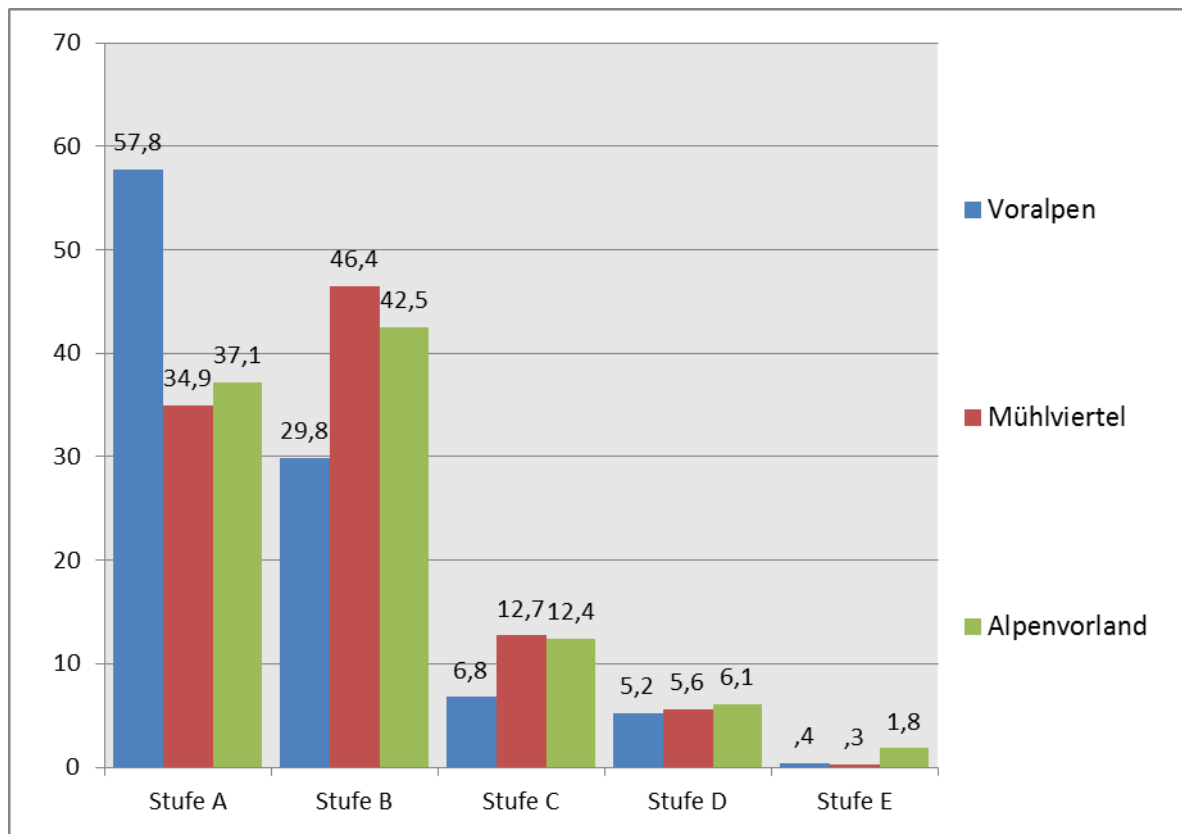
Die Daten aus den Voralpen zeigen, dass ein etwas größerer Prozentsatz der Flächen eine höhere Versorgung aufweist. Auf etwa 14% der Flächen ist die Versorgungslage so günstig, dass keine P-Düngung empfohlen wird bzw. nur eine stark verminderte P-Gabe. Flächen, die für den Maisanbau genutzt werden, könnten demnach eine höhere P-Düngung erhalten, während andere Standorte kaum gedüngt werden.

Im **Alpenvorland und Mühlviertel** befinden sich 35 - 37% der Proben von **Grünlandflächen** in der sehr niedrigen Stufe A und 43 – 46% in der niedrigen Stufe B, also insgesamt 80% der Standorte in den niedrigen Gehaltsstufen. 6 - 8% der beprobten Flächen gelten als hoch, knapp 13% als ausreichend versorgt (Abbildung 19).

In den **Voralpen** liegen sehr niedrigere P-CAL-Gehalte vor, mit 58% der Proben in Stufe A und 30% in Stufe B. Eine hohe P-Versorgung liegt bei knapp 6% der Grünlandstandorte vor.

Das in Verwendung stehende Extraktionsverfahren hat für die Bewertung des Düngedarfes den Nachteil, dass der organische P-Pool des Bodens nicht erfasst wird (Steffens et al. 2010). Wegen der intensiven Durchwurzelung durch eine dichte Grasnarbe und des synchronen Verlaufs des P-Bedarfes des Grünlandes mit der P-Mineralisierung aus dem Bodenpool während der Vegetation dürfte daher mit diesem Verfahren die P-Pflanzenverfügbarkeit für Grünland unterschätzt werden. Die Methode spiegelt jedoch recht gut die in den letzten Jahren konstatierte negative P-Bilanz auch auf Grünland wieder.

Abbildung 19: Phosphor-Gehaltsklassen in % auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 – 2011

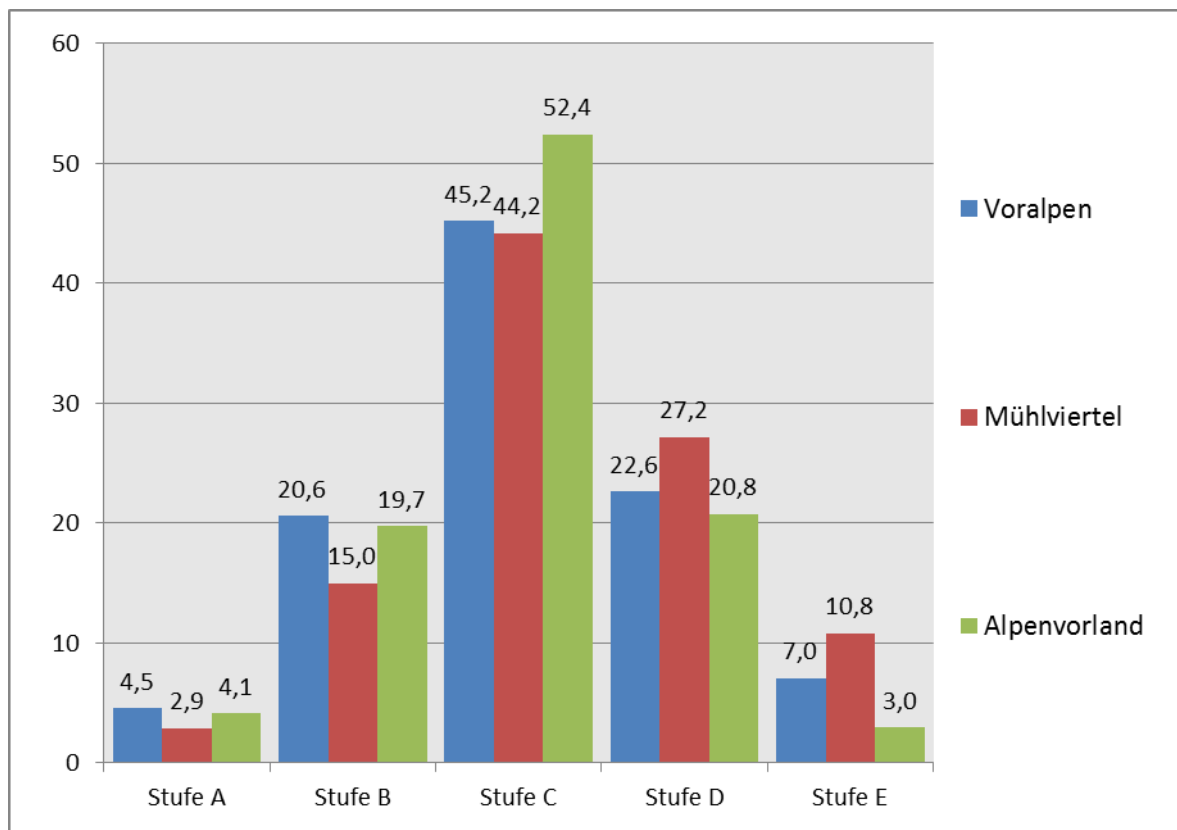


Bei der Suche nach Verursachern der P-Eutrophierung in Gewässern kommen die landw. Grünlandflächen daher nicht Betracht, unter der Annahme einer sachgerechten Anwendung und Ausbringung der betrieblichen Wirtschaftsdünger. Zumindest hinsichtlich der P-Versorgung decken sich diese Ergebnisse nicht mit der Aussage von Strauch (2011), dass zwischen den Produktionsflächen des öö. Alpenvorlandes und weiten Teilen der Böhmisches Masse nur weniger als 500 ha als wirklich nährstoffarme Grünlandflächen (also Halbtrockenrasen, Bürstlingsrasen, magere Rotschwengel- und magere Feuchtwiesen) seitens des Naturschutzes gelten.

9.5 Pflanzenverfügbarer Kaliumgehalt auf Acker- und Grünland

Die öö. Ackerflächen sind überwiegend ausreichend bis hoch mit Kalium versorgt, mehr als 75% der Standorte entfallen in die Gehaltsstufen C bis E. Lediglich 25% der Ackerflächen im Alpenvorland und 18% im Mühlviertel gelten als niedrig bzw. sehr niedrig versorgt. Im Mühlviertel sind die K-Gehalte durchwegs gegen bedingt etwas höher als in den anderen Regionen, diese Verschiebung hin zu den höheren Gehaltsstufen ist in Abbildung 20 klar ersichtlich.

Abbildung 20: Kalium-Gehaltsklassen in % auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011



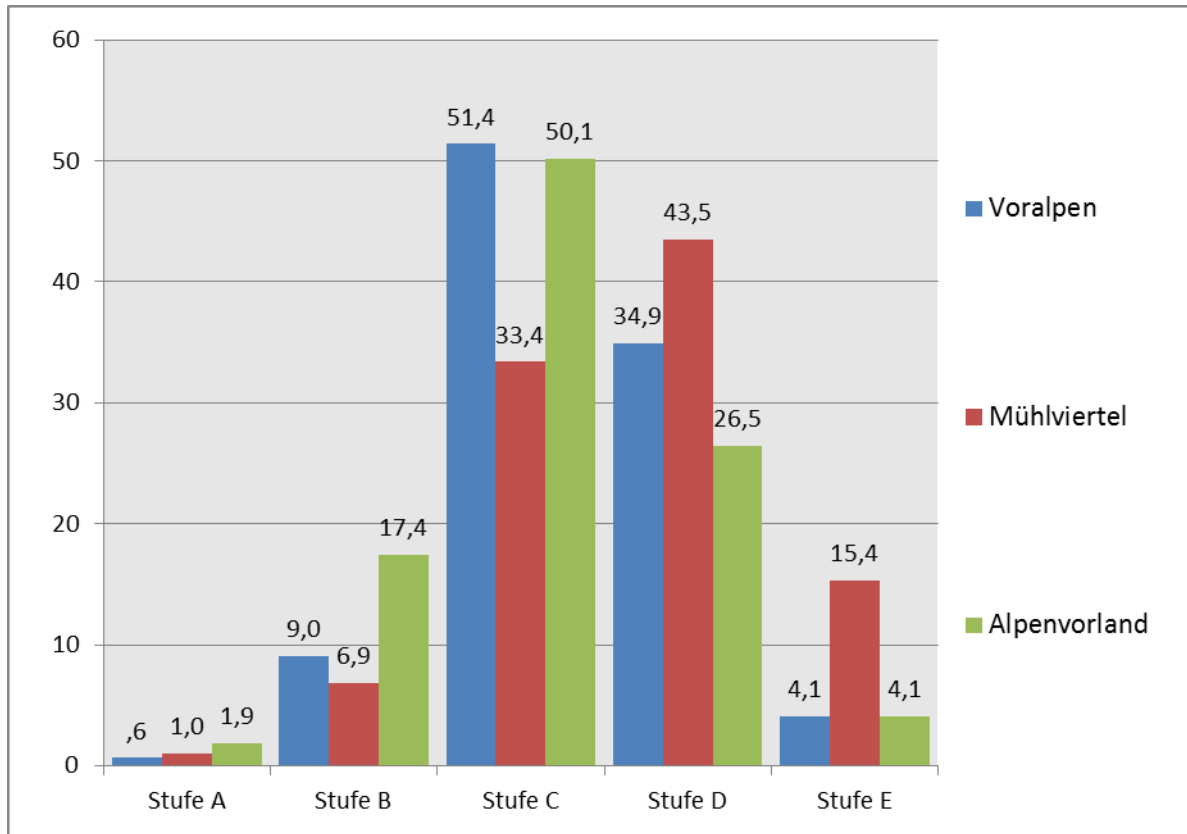
Während die P-Versorgung von Grünland laufend zurückgeht, entwickelt sich die K-Versorgung sehr günstig (Abbildung 21). Allerdings muss auf über 15% der Mühlviertler Grünlandstandorte bereits von einer Überversorgung gesprochen werden.

Lediglich 7 – 10% der Proben vom Grünland aus dem Mühlviertel und den Voralpen werden als niedrig bzw. sehr niedrig versorgt eingestuft. Im Alpenvorland liegt dieser Anteil

bei knapp 20%. Hinzuweisen ist besonders darauf, dass eine sehr niedrige Versorgungslage (Stufe A) in allen Gebieten sehr selten ist.

Etwa die Hälfte der Grünlandböden im Alpenvorland und in den Voralpen weisen ausreichende K-Gehalte auf. Eine hohe bzw. sehr hohe Versorgungslage liegt bei über 30% der Proben vom Alpenvorland, bei fast 40% der Standorte in den Voralpen und bei fast 60% im Mühlviertel vor.

Abbildung 21: Kalium-Gehaltsklassen in % auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011



10 Zusammenfassung

10.1 Datengrundlage der Bodenparameter und der Bewirtschaftung

Im Rahmen der **oberösterreichischen Landesbodenuntersuchung 2009** wurden **12.500 Bodenproben von Ackerflächen und 4.600 Proben von Grünlandstandorten** von insgesamt **3.343 Betrieben** auf die Parameter pH-Wert, Humusgehalt und pflanzenverfügbare Phosphor- und Kaliumgehalte untersucht. Diese Betriebe bewirtschaften insgesamt fast 89.000 ha und repräsentieren somit etwa 17% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) von OÖ. Die höchsten Teilnahmeraten wurden im Mühlviertel erreicht, gefolgt vom Alpenvorland. Umgelegt auf die LN von OÖ wurde pro 24 ha Ackerland bzw. pro 49 ha Grünland eine Bodenprobe untersucht.

Die schlagbezogenen Bodenuntersuchungsergebnisse wurden über die Betriebsnummer mit den betrieblichen **INVEKOS-Daten** verknüpft: LN des Betriebes, Acker- und Grünlandfläche, Kulturarten auf Ackerland, Viehbestand nach Tierkategorien und flächenbezogene Teilnahme an **ÖPUL-Maßnahmen**. Bei der Auswertung wurde die Annahme getroffen, dass die eingereichten Bodenproben für die Bodennutzung des Betriebes repräsentativ sind. Bodenproben von biologisch wirtschaftenden Betrieben sind hinsichtlich ihrer Flächenanteile an der Landesbodenuntersuchung etwas überrepräsentiert. Bei der Auswertung wurde auch der Zeitraum seit der Umstellung dokumentiert und entsprechend einbezogen.

Zur Bewertung der zeitlichen Entwicklung wurden weiters die Ergebnisse der **Bodenzustandsinventur OÖ** aus dem Jahr **1993** (439 Datensätze von Ackerland und 219 vom Grünland), **landwirtschaftliche Praxisdaten aus der Periode 1991 – 1995 (5.600 Daten vom Ackerland und 1.900 vom Grünland) und den Jahren 2008, 2010 und 2011** einbezogen (**9.400 Bodendaten vom Ackerland und fast 3.000 vom Grünland**). Von diesen Datenreihen stehen keine Angaben zur betrieblichen Bewirtschaftung und von den landw. Praxisdaten nur in viel geringerem Umfang Humusgehalte zur Verfügung.

10.2 Regionale Auswertung der Bodenparameter und in Abhängigkeit von der Tierhaltung

Die Bodenparameter auf Acker- und Grünland unterscheiden sich zumeist in den drei **Hauptproduktionsgebieten**:

- Auf Acker- (AL) und Grünland (GL) sind die **pH-Werte** im Mühlviertel mit im Mittel 5,73 und 5,59 im schwach sauren Bereich und etwas niedriger als in den anderen Regionen: Alpenvorland pH 6,26 auf AL und 5,88 auf GL; Voralpen pH 6,13 auf AL und 6,15 auf GL. Der überwiegende Anteil der Flächen befindet sich in einem ausreichenden pH-Bereich, es ist jedoch auf die regelmäßige Ausbringung der erforderlichen Erhaltungskalkgaben besonders bei den mittleren und schweren Böden zu achten. Etwa 20 - 25% der Flächen weisen einen Aufkalkungsbedarf auf. Sehr saure Standorte sind im Mühlviertel im Vergleich zum Waldviertel seltener.
- Die **Humusgehalte** auf Ackerland sind in den Voralpen mit im Mittel 4,87% am höchsten, gefolgt vom Mühlviertel mit 3,70% und vom Alpenvorland mit 3,27%.

Auch auf Grünland liegen in den Voralpen die Humusgehalte am höchsten mit 8,17%, die Mittelwerte in den beiden anderen Regionen sind bei etwa 6,1 – 6,2% gleich.

- Auf Ackerland ist die **Phosphor-Versorgung** im Mühlviertel mit 48 mg P-CAL/kg niedriger als in den anderen Gebieten mit im Mittel 54 – 55 mg/kg. Die Mittelwerte befinden sich an der Untergrenze der ausreichenden Stufe C (47 – 111 mg/kg). Es sind daher im Mittel keine relevanten P-Reservepools in den ackerbaulich genutzten Böden gespeichert wie z.B. in den nordöstlichen Ackerbaugebieten in NÖ. Auf Grünland ist die P-Versorgung in den Voralpen mit 25 mg P-CAL/kg sehr niedrig (Stufe A < 26 mg/kg) und liegt in den anderen beiden Regionen Alpenvorland und Mühlviertel mit 33-34 mg im unteren Bereich der niedrigen Versorgungsstufe B (27 – 46 mg/kg).
- Die **Kalium-Versorgung** auf Ackerland ist im Mühlviertel deutlich höher mit 207 mg K-CAL/kg (hohe Versorgung der Stufe D von 179 – 291 mg/kg auf leichten Böden) gegenüber 172 – 180 mg/kg in den anderen Regionen (ausreichende Versorgung Stufe C 113 – 212 mg/kg). Die Kaliumversorgung auf Grünland ist hoch bis ausreichend, mit den höheren Gehalten im Mühlviertel mit 225 mg K-CAL (hohe Stufe D von 171 bis 332 mg/kg), im Alpenvorland und in den Voralpen betragen die K-CAL-Gehalte 154 bzw. 163 mg/kg und sind im oberen Bereich der ausreichenden Stufe C (88 – 170 mg/kg).

In Abhängigkeit von der **Intensität der Tierhaltung** ergaben sich folgende Effekte auf die Bodenparameter:

- Ein Zusammenhang zwischen **Säuregrad** und der Intensität der Tierhaltung ist kaum erkennbar: Betriebe ohne Tierhaltung weisen tendenziell einen um etwa 0,2 höheren pH-Wert auf, weil Marktfruchtbetriebe mehr kalkbedürftigere Kulturarten wie Raps und Zuckerrübe anbauen.
- Im Alpenvorland steigt der **Humusgehalt** auf **Ackerland** mit zunehmenden GVE-Bestand von 3,17 auf bis 3,36% und im Mühlviertel von 3,28 auf bis zu 3,68 an. Eine differenziertere Bewertung nach Tierkategorie ist zutreffender: Mit überwiegender Schweinehaltung und vorwiegend Flüssigmistsystem liegt der Humusgehalt im Alpenvorland um etwa 0,10% höher als bei den Betrieben ohne Tierhaltung. Mit überwiegender Rinderhaltung bei höherem Anteil mit System Mist-Jauche liegen die Humusgehalte im Mühlviertel um bis zu 0,60% höher und im Alpenvorland um bis zu 0,34% höher im Vergleich zu den Betrieben ohne Tierhaltung.
- Auf **Grünland** hängt der **Humusgehalt** stärker von der Höhenlage des Standortes (Zunahme mit der Höhenlage) und der Nutzungsintensität ab (tendenzielle Abnahme bei höherer Schnitthäufigkeit). Mit steigendem GVE-Bestand von 1 auf 2 GVE/ha sinken die Humusgehalte im Alpenvorland leicht um 0,10 bis zu 0,26% und in den Mittellagen des Mühlviertels um bis zu 0,38%, wobei dort die niedrigere Höhenlage bei höherer Intensität den nicht signifikanten niedrigeren Humusgehalt mit verursacht.
- Die pflanzenverfügbaren **Phosphor-Gehalte** steigen auf Ackerland im Alpenvorland bei überwiegender Schweinehaltung mit steigendem Tierbestand von 0,5 auf 2,0 GVE/ha im Mittel um 14 mg/kg Boden, bei überwiegender Rinderhaltung mit steigender Intensität von 1,0 auf 2,0 GVE/ha um 8 mg/kg und bei Geflügelhaltung um bis zu 34 mg/kg auf 86 mg P/kg (oberer Bereich der ausreichenden Stufe C: 47 – 111 mg/kg) in der höchsten GVE-Stufe (> 2,5

GVE/ha). Bei Grünland ist im GVE-Bereich von 1 auf 2 GVE/ha eine P-CAL-Zunahme von 6 mg/kg festzustellen. Die nur geringen Gehaltszunahmen zeigen, dass die P-Mengen in den Wirtschaftsdüngern weitestgehend bei der Düngung berücksichtigt werden. Die Gehalte bleiben größtenteils im unteren Bereich der anzustrebenden Gehaltsstufe C. Auf Grünland tragen diese geringen Zunahmen dazu bei, dass die P-CAL-Gehalte in der Mitte der niedrigen Stufe B liegen. Bei den Geflügel haltenden Betrieben sind die P-CAL-Gehalte der Standorte vor der Ausbringung des Dungs für die effektive Verwertung der Nährstoffe verstärkt heranzuziehen.

- Bei überwiegender Schweinehaltung werden die pflanzenverfügbaren **Kalium-Gehalte** auf Ackerland im Alpenvorland von 157 auf 200 mg/kg angehoben (GVE von 0,5 auf 2,0 pro ha). Bei Rinderhaltung kommt es zu K-CAL-Steigerungen von 146 auf 166 mg/kg im Alpenvorland und von 211 auf 219 mg/kg im Mühlviertel (GVE von 1,0 auf 2,0 pro ha). Bei Geflügelhaltung wurden die Gehalte um etwa 40 mg/kg gesteigert. Auf Grünland bei Rinderhaltung werden in demselben GVE-Bereich die K-CAL-Gehalte um 15 mg/kg im Alpenvorland und um 5 mg/kg im Mühlviertel angehoben. Im Alpenvorland führen diese Steigerungen zu einer Verbesserung der K-Versorgung im Bereich der ausreichenden Stufe C. Im Mühlviertel wird mit diesen Zunahmen bereits die hohe Stufe D erreicht.

10.3 Auswirkungen von ÖPUL-Maßnahmen auf Bodenparameter

Beim **Vergleich der Bewirtschaftungsformen „Biologisch“ vs. „Konventionell“** auf **Ackerland** ergaben sich die folgenden Effekte auf die Bodenparameter:

- Der mittlere **pH-Wert** beträgt im Alpenvorland bei „Konv“ 6,26 und ist damit um 0,14 höher als bei „Bio“. Im Mühlviertel lag kein einheitlicher Trend vor, die Unterschiede waren im Bereich von 0,10 pH-Einheiten.
- Der **Humusgehalt** ist nach zumindest 9-jähriger biologischer Bewirtschaftung signifikant höher, im Alpenvorland um +0,14%, in den Mittellagen des Mühlviertels um +0,29% und in den Hochlagen um +0,28%. Diese Steigerungen sind vor allem auf den um 23% höheren Anteil an Feldfutterpflanzen und den um 20% niedrigeren Maisanteil bei „Bio“ verursacht.
- Die **pflanzenverfügbaren Phosphorgehalte** sind bei „Bio“ signifikant niedriger und liegen in der niedrigen Gehaltsstufe B: Im Alpenvorland -14 mg/kg, in den Mittellagen des Mühlviertels -9 mg/kg und in den Hochlagen -17mg/kg. Die **pflanzenverfügbaren Kalium-Gehalte** sind im Alpenvorland um -35 mg/kg niedriger, im Mühlviertel ist kein einheitlicher Trend gegeben.

Auf **Grünland** sind die pflanzenverfügbaren Phosphor-Gehalte bei „Bio“ niedriger, bei einer generell niedrigen P-Versorgung aller Grünlandflächen: Im Mühlviertel -1 mg/kg, im Alpenvorland -5 mg/kg und in den Voralpen -9 mg/kg. Wegen der hohen Teilnehmerate an der Maßnahme „Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel auf Grünland“ von zumindest 50% sind bei den anderen Bodenparametern keine weiteren einheitlichen Unterschiede ersichtlich.

Auf Ackerland bestehen zwischen „BIO“ und „KONV“ große Unterschiede in der **Kulturartenverteilung**, bei „KONV“ ist der Maisanteil deutlich höher, bei „BIO“ wird statt Mais vor allem Feldfutter gebaut. In der Grünlandbewirtschaftung sind die Unterschiede in der Bewirtschaftung geringer. Bei „BIO“ liegt in allen Regionen ein um etwa 0,20 bis 0,50 signifikant niedrigerer GVE-Bestand/ha vor.

Die Ackerflächen mit bzw. ohne der Maßnahme „**Umweltgerechte Bewirtschaftung**“ **UBAG** wiesen im Alpenvorland und Mühlviertel vergleichbare pH-Werte und Humusgehalte auf. Im Alpenvorland waren auf den Flächen ohne Teilnahme an UBAG die pflanzenverfügbaren P-CAL um 6 mg/kg und die K-CAL-Gehalte um 16 mg/kg höher, im Mühlviertel bestand kein Unterschied. Im Mühlviertel war bezüglich GVE mit UBAG-Teilnahme der Tierbestand mit 1,24 GVE/ha um 0,21 GVE/ha und im Alpenvorland mit 0,93 GVE/ha um 0,50 GVE/ha jeweils signifikant niedriger. Die höheren P- und K-CAL-Gehalte bei den Betrieben ohne UBAG-Teilnahme können teilweise auf die höheren Tierbestände zurückgeführt werden. Im Alpenvorland geht mit höherer Intensität in der Schweinehaltung die Teilnahme an UBAG wegen der Fruchtfolgeauflage, die den Getreide- und Maisanteil limitiert, zurück.

Für die Bewertung der Maßnahme „**Begrünung auf Ackerflächen**“ hinsichtlich von Effekten auf die Bodenparameter standen mit einem Anteil von 5% verhältnismäßig wenige Proben von Betrieben, die nicht an der Begrünungsmaßnahme teilnahmen, als Referenz zur Verfügung. Die Humusgehalte der Betriebe ohne Begrünung waren im Alpenvorland und Mühlviertel höher. Aus den Bewirtschaftungsdaten geht hervor, dass die Betriebe, die nicht an dieser Maßnahme teilnahmen, eine geringere Ackerfläche aufweisen, im Mühlviertel nur 6 ha gegenüber 14 ha und im Alpenvorland 15 ha gegenüber 27 ha. Werden nur Betriebe mit etwa gleich großer Ackerfläche in der Auswertung berücksichtigt, weisen in 2 Kleinproduktionsgebieten im Alpenvorland die Ackerflächen mit Begrünung um +0,17% bzw. +0,38% höhere Humusgehalte auf: Zu dieser Erhöhung trägt neben der Begrünung wesentlich der deutlich niedrigere Maisanteil bei den Betrieben mit Teilnahme an der „Begrünungsmaßnahme“ bei. In den Mittellagen des Mühlviertels weisen die Betriebe mit Begrünung einen um 0,34% höheren Humusgehalt auf, diese Erhöhung wird primär durch den höheren Feldfutteranteil dieser Betriebe verursacht wird.

Bei höheren Mais-, Soja-, Zuckerrüben- und Kartoffelanbau sind die Teilnahmeraten an der Maßnahme **Mulch- und Direktsaat** deutlich höher. Bei den besonders erosionsgefährdeten Kulturarten wird diese Maßnahme zielgerichtet angenommen und kann dort wesentlich zum Bodenschutz hinsichtlich Erosionsverminderung beitragen. Die Daten sind jedoch weniger geeignet, Unterschiede der Bodenparameter in Abhängigkeit von Mulch- und Direktsaat zu quantifizieren. Denn bei den Betrieben ohne Mulch- und Direktsaat waren die Humusgehalte im Alpenvorland um +0,11% höher und im Mühlviertel um +0,38%. Diese Betriebe haben einen höheren Feldfutteranteil und geringeren Maisanteil. Sowohl bei der Maßnahme „Begrünung von Ackerflächen“ als auch „Mulch- und Direktsaat“ stehen eindeutig Erosionsschutz und Grundwasserschutz im Vordergrund.

10.4 Entwicklungstrends der Bodenparameter im zeitlichen Verlauf

Vergleiche der aktuellen Daten der Landesbodenuntersuchung, die noch um weitere Praxisdaten aus den letzten Jahren erweitert wurden, mit Datenreihen aus OÖ vor Einführung des ÖPUL 1995 (Praxisdaten von 1991-1995 sowie die Daten der BZI OÖ 1993) zeigen folgende Entwicklungen:

- Der **pH-Wert** liegt auf Acker- und Grünland unverändert auf einem ausreichenden Niveau. Regelmäßige Kalkgaben sind zur Aufrechterhaltung

dieses Säuregrades auch in Zukunft erforderlich, weil keine relevanten Pufferkapazitäten in den Böden vorliegen.

- Die **Humusgehalte** auf Ackerland sind im Alpenvorland um 0,24 bis 0,55% und im Mühlviertel um 0,0% bis 0,30% höher als in der Periode 1991-1995. Als plausibelster Trend erscheinen die geringeren Erhöhungen um 0,24% im Alpenvorland und gleich bleibende Humusgehalte im Mühlviertel. Auf Grünland ist kein zeitlicher Trend für den Humusgehalt ableitbar.
- Die **pflanzenverfügbaren Phosphorgehalte** sind zumeist deutlich rückläufig: Auf Ackerland im Alpenvorland um 3 – 14 mg P-CAL/kg und im Mühlviertel um 5 – 6 mg; auf Grünland im Alpenvorland um 4 – 6 mg, in den Voralpen um 9 mg CAL-P/kg; nur auf den Mühlviertler Grünlandstandorten blieb die P-Versorgung stabil.
- Die **Kaliumversorgung** auf Ackerland blieb unverändert, auf Grünland sind tendenzielle bis deutliche Steigerungen zu sehen.

Um eine fundierte Datengrundlage für die Ableitung von Entwicklungstrends des Bodenzustandes zu generieren, wird empfohlen als Förderungsvoraussetzung in einer zentralen und breit angelegten Maßnahme im Österreichischen Umweltprogramm (ÖPUL), eine Mindestanzahl von Bodenuntersuchungen, die an die Größe der bewirtschafteten LN gekoppelt sind, vorzusehen. Dabei soll jedoch die Maßnahme so formuliert werden, dass die Daten auch betriebs- bzw. schlagbezogen für allfällige Auswertungen in anonymisierter Form zur Verfügung stehen.

11 Literatur und Anhang

Amt der Oö. Landesregierung (2012): Grundwasser 2010, Kurzbericht 2011: Download: www.land-oeberoesterreich.gv.at Themen>Umwelt>Wasser>Grundwasser

AGES (2010a) in Zusammenarbeit mit der Bodenschutzberatung der LK OÖ.: Status der Bodenqualität auf repräsentativen Acker- und Grünlandstandorten OÖ in Beziehung zu den ÖPUL-Maßnahmen, Studie im Auftrag des BMLFUW.

AGES (2010b) in Zusammenarbeit mit den Landwirtschaftskammern Steiermark, Burgenland und Kärnten: ÖPUL-Evaluierung – Auswirkungen von ÖPUL-Maßnahmen auf die Nährstoffverfügbarkeit österreichischer Böden, Studie im Auftrag des BMLFUW.

Bohner A. (2012): Grassland Soils – properties and functions. Local land & soil news no.42/43 II/12, 7 – 9.

Brock C., A. Fließbach, H.R. Oberholzer, F. Schulz, K. Wiesinger, F. Reinicke, W. Koch, B. Palutt, B. Dittmann, J. Zimmer, K.-J. Hülsbergen and G. Leithold (2011): Relation between soil organic matter and yield levels of nonlegume crops in organic and conventional farming systems. J. Plant Nutr. Soil Sci 174, 568 – 575.

Dersch G. and K. Böhm (2001): Effects of agronomic practices on soil carbon storage potential in arable farming in Austria. Nutrient cycling in Agroecosystems 60: 49 – 55.

Ebertseder T., M. Munzert, D. Horn und H. Maier (2010): Auswertung von Bodenuntersuchungsdaten zur Ableitung von Einflussfaktoren auf die Humusgehalte von Böden. VDLUFA Schriftenreihe 66, 361 – 372, Kongressband 2010.

Gattinger A., A. Muller, M. haeni, C. Skinner, A. Fliessbach, N. Buchmann, P. Mäder, M. Stolze, P. Smith, N. El-Hage Scialabba & U. Niggli (2012): Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. PNAS 109, 44,18226-18231.

Jones S.K., R.M. Rees, D. Kosmas, B.C. Ball and U.M. Skiba (2006): Carbon sequestration in a temperate grassland; management and climatic controls.

Kolbe H.(2007): Einfache Verfahren zur Berechnung der Humusbilanz für konventionelle und ökologische Anbaubedingungen. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Beitrag archiviert unter <http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>

Körschens M., A. Weigel und E. Schulz (1998): Turnover of Soil Organic Matter (SOM) and Long-Term Balances – Tools for Evaluating Sustainable Productivity of Soils. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 161, 409 – 424.

Körschens, M. (2010): Der organische Kohlenstoff im Boden – Bedeutung, Bestimmung, Bewertung. Archives of Agronomy and Soil Science 56, 375 – 392.

Leifeld J., R. Reiser and H.-R. Oberholzer (2009): Consequences of Conventional versus Organic farming on Soil Carbon: results from a 27-Year Field Experiment. Agronomy Journal 101, 5, 1204-1218.

Leifeld J. and J. Fuhrer (2010): Organic farming and soil carbon sequestration: What do we really know about the benefits? AMBIO 39, 585-599.

Liftinger G. (2005): Determination of organic carbon in soils by dry combustion. In: Soil organic matter and element interactions. Edited by K. Aichberger and A. Badora. ALVA-Mitteilungen Heft3/ 2005, 129 – 134.

Oberösterreichischer Bodenkataster Bodenzustandsinventur (BZI-OÖ), Amt der oö. Landesregierung 1993

Powlson D.S. (2011): Review: Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science* 62, 42 – 55.

Schmidt M.W.I., M.S. Thorn, S. Abiven, T. Dittmar, G. Guggenberger, I.A. Janssens, M. Kleber, I. Kögel-Knabner, J. Lehmann, D.A.C. Manning, P. Nannipieri, D.P. Rasse, S. Weiner and S.E. Trumbore (2011): Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 49/ Vol 478/ 6 October 2011, 49 – 56.

Spiegel H., G. Dersch, M. Dachler and A. Baumgarten (2005): Effects of different agricultural management strategies on soil organic matter. In: *Soil organic matter and element interactions*. Edited by K. Aichberger and A. Badora. ALVA-Mitteilungen Heft3/ 2005, 61 – 68.

Spiegel H., Filcheva E., Hegymegi P., Gal A., Verheijen F. G. A. (2007): Review and Comparison of Methods Used for Soil Organic Carbon Determination. Part 1. Review of the Methods. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, Vol. XLI, 4, 3-18, Sofia.

STATISTICS AUSTRIA (2010): Regional nutrient balances in Austria for NUTS 3 regions. Eurostat Grant 2008/Theme4.07, Final report June 2010

Steffens D., T. Leppin, N. Luschin-Ebengreuth, Zhi Min Yang and S. Schubert: Organic soil phosphorus considerably contributes to plant nutrition but is neglected by routine soil-testing methods. *J. Plant Nutr. Soil Sci* 173, 765-771, 2010.

Strauch Michael (2011): Nährstoffüberangebote – ein Naturschutzalptraum. *ÖKO-L* 33/3, 15-23.

VDLUFA (2004): VDLUFA-Standpunkt Humusbilanzierung – Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. VDLUFA (Hrsg.), Bonn, 12 S.

Zessner M., O. Gabriel, A. Kovacs, M. Kuderna, Schilling C., Hochedlinger G. u. Windhofer G. (2012): Analyse der Wirkung von Maßnahmen zur Reduktion von Nährstoffeinträgen in oberösterreichischen Einzugsgebieten nach unterschiedlichen Eintragungspfadern für strategische Planungen. Endbericht im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung.

Abbildung 22: Die oberösterreichischen Haupt- und Kleinproduktionsgebiete im Überblick

2 - **Voralpen**: 204 - Äußeres Salzkammergut; 205 - Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen

4 - **Mühlviertel**: 401 - Hochlagen des Mühlviertels; 402 - Mittellagen des Mühlviertels

6-Alpenvorland: 604-Oberes Innviertel; 605-Altheim-Obernberger Geb.; 606-Rieder Geb.; 607-Vöcklabrucker Geb.; 608-Grieskirchen-Kremsmünster Geb.; 609 - Zentralraum



12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Betriebe und deren Landwirtschaftliche Nutzfläche (absolut u. relativ zur gesamten LN) nach Hauptproduktionsgebieten -HPG.....	8
Tabelle 2: Anzahl der Betriebe und deren Landwirtschaftliche Nutzfläche (absolut u. relativ zur gesamten LN) nach Kleinproduktionsgebieten -KPG.....	9
Tabelle 3: Übersicht der Bodenprobenanzahl nach HPG/KPG, Nutzung u. Bewirtschaftungsform incl. Ab- und Zunahme der Proben bei konv. u. biolog. Bewirtschaftung von 2001 - 2009	9
Tabelle 4: Beprobungsdichte bei Ackerland nach Bewirtschaftungsform.....	10
Tabelle 5: Beprobungsdichte bei Ackerland nach HPG und Bewirtschaftungsform	11
Tabelle 6: Beprobungsdichte bei Ackerland nach KPG und Bewirtschaftungsform	11
Tabelle 7: Beprobungsdichte bei Grünland nach Bewirtschaftungsform.....	12
Tabelle 8 Beprobungsdichte bei Grünland nach HPG und Bewirtschaftungsform	12
Tabelle 9: Beprobungsdichte bei Grünland nach KPG und Bewirtschaftungsform	13
Tabelle 10: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten	14
Tabelle 11: Statistik der Bodenparameter auf Grünland nach Hauptproduktionsgebieten.	15
Tabelle 12: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland in den KPG des Mühlviertels	16
Tabelle 13: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland in den KPG der Voralpen	17
Tabelle 14: Statistik der Bodenparameter auf Ackerland in den KPG des Alpenvorlandes	18
Tabelle 15: Statistik der Bodenparameter auf Grünland in den KPG des Mühlviertels	19
Tabelle 16: Statistik der Bodenparameter auf Grünland in den KPG der Voralpen	19
Tabelle 17: Statistik der Bodenparameter auf Grünland in den KPG des Alpenvorlandes	20
Tabelle 18: Tierhaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebiet.....	23
Tabelle 19: Schweinehaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten	24
Tabelle 20: Rinderhaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten ..	24
Tabelle 21: Geflügelhaltung und pH-Wert auf Ackerland nach Hauptproduktionsgebieten	25
Tabelle 22: Tierhaltung und pH-Wert auf Grünland nach Hauptproduktionsgebieten.....	26
Tabelle 23: GVE-Bestand und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG	27
Tabelle 24: GVE-Bestand mit überwiegender Schweinehaltung und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG	27
Tabelle 25: GVE-Bestand mit überwiegender Schweinehaltung und Humusgehalt auf Ackerland in den KPG Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünster und Zentralraum	28
Tabelle 26: GVE-Bestand mit überwiegender Rinderhaltung und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG	29
Tabelle 27: GVE-Bestand mit überwiegender Geflügelhaltung und Humusgehalt auf Ackerland nach HPG	29

Tabelle 28: GVE-Bestand und Humusgehalt auf Grünland in den HPG und den KPG des Mühlviertels	30
Tabelle 29: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Ackerland nach HPG.....	31
Tabelle 30: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung auf Ackerland nach HPG	32
Tabelle 31: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung im Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünster und Zentralraum auf Ackerland im Alpenvorland.....	33
Tabelle 32: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Rinderhaltung auf Ackerland nach HPG	33
Tabelle 33: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Geflügelhaltung auf Ackerland nach HPG	34
Tabelle 34: GVE-Bestand und P-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Grünland nach HPG.....	34
Tabelle 35: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Ackerland nach HPG.....	35
Tabelle 36: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung auf Ackerland nach HPG	35
Tabelle 37: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Schweinehaltung im Rieder Gebiet, Grieskirchen-Kremsmünster und Zentralraum auf Ackerland im Alpenvorland.....	36
Tabelle 38: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Rinderhaltung auf Ackerland nach HPG	36
Tabelle 39: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) bei überwiegender Geflügelhaltung auf Ackerland nach HPG	37
Tabelle 40: GVE-Bestand und K-CAL-Gehalt (mg/kg) auf Grünland nach HPG.....	37
Tabelle 41: Humusgehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ	40
Tabelle 42: P-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ	41
Tabelle 43: K-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ	42
Tabelle 44: pH-Wert (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.....	43
Tabelle 45: Humusgehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ	44
Tabelle 46: P-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ	45

Tabelle 47: K-CAL-Gehalt (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ	45
Tabelle 48: pH-Wert (Mittelwert, Standardabweichung, 5 Perzentile) von konventionellen u. seit 2001 biologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.....	46
Tabelle 49: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen im Alpenvorland	47
Tabelle 50: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen im Mühlviertel	49
Tabelle 51: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen in den Voralpen	50
Tabelle 52: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Grieskirchen-Kremsmünster Gebiet	51
Tabelle 53: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG oberes Innviertel	52
Tabelle 54: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Oberösterr. Zentralraum	53
Tabelle 55: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Rieder Gebiet.....	54
Tabelle 56: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Mittellagen des Mühlviertels.....	55
Tabelle 57: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Ackerflächen vom KPG Hochlagen des Mühlviertels.....	56
Tabelle 58: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von den konventionell geführten Ackerflächen der KPG Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen und Äußeres Salzkammergut	57
Tabelle 59: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von den konventionell geführten Ackerflächen der KPG Altheim-Obernberger Gebiet und Vöcklabrucker Gebiet	58
Tabelle 60: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen im HPG Alpenvorland	59
Tabelle 61: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen im HPG Mühlviertel.....	60
Tabelle 62: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen im HPG Voralpen.....	60
Tabelle 63: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Äußeres Salzkammergut im HPG Voralpen	61
Tabelle 64: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Inneres Salzkammergut, Eisenwurzen im HPG Voralpen	62

Tabelle 65: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Mittellagen des Mühlviertels	62
Tabelle 66: Statistik der Bodenparameter und Bewirtschaftungsdaten von konventionell und biologisch geführten Grünlandflächen des KPG Hochlagen des Mühlviertels	63
Tabelle 67: Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland mit/ohne UBAG im Alpenvorland.....	67
Tabelle 68: Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland mit/ohne UBAG im Mühlviertel	68
Tabelle 69: Bodenparameter und Bewirtschaftung auf Ackerland mit/ohne UBAG in den Voralpen	68
Tabelle 70: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung im Alpenvorland	70
Tabelle 71: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung im Mühlviertel...	71
Tabelle 72: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung in den Voralpen	71
Tabelle 73: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung in den KPG mit ausreichender Probenzahl im Alpenvorland und im Mühlviertel	73
Tabelle 74: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Begrünung in ausgewählten KPG mit gleich großen Ackerflächen pro Betrieb	74
Tabelle 75: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Mulch- und Direktsaat im Alpenvorland.....	76
Tabelle 76: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Mulch- und Direktsaat im Mühlviertel	77
Tabelle 77: Bodenparameter und Bewirtschaftung mit/ohne Mulch- und Direktsaat in den KPG des Alpenvorlandes und des Mühlviertels.....	78
Tabelle 78: Koeffizienten bei Modellierung getrennt nach Kulturart.....	81
Tabelle 79: Maße der Modellgüte	82
Tabelle 80: pH-Wert auf Ackerland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011.....	85
Tabelle 81: pH-Wert auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011.....	85
Tabelle 82: pH-Wert auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011.....	87
Tabelle 83: pH-Wert auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-1995 und 2008-2011.....	87
Tabelle 84: pH-Wert auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-1995 und 2008-2011.....	88
Tabelle 85: Humusgehalt auf Ackerland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	89
Tabelle 86: Humusgehalt auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	90
Tabelle 87: Humusgehalt auf Ackerland in den Voralpen in der Periode 2008-2011	90

Tabelle 88: Humusgehalt auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	92
Tabelle 89: Humusgehalt auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	92
Tabelle 90: Humusgehalt auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	93
Tabelle 91: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Ackerland im öö. Alpenvorland lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen	95
Tabelle 92: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	95
Tabelle 93: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	96
Tabelle 94: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	97
Tabelle 95: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	97
Tabelle 96: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Ackerland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	99
Tabelle 97: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Ackerland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	99
Tabelle 98: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland im Alpenvorland in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	100
Tabelle 99: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland im Mühlviertel in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	101
Tabelle 100: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland in den Voralpen in den Perioden 1991-95 und 2008-2011	101

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Humusgehalt (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.....	41
Abbildung 2: P-CAL-Gehalt (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.	42
Abbildung 3: K-CAL-Gehalt (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.	43
Abbildung 4: pH-Wert (Q10/Q25/Median/Q75/Q90) von konventionellen und seit 2001 biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in ausgewählten HPG und KPG in OÖ.....	44
Abbildung 5: pH-Wert auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Klassen in %	84
Abbildung 6: pH-Wert auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Klassen in %	86
Abbildung 7: Humusgehalt auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsklassen in %	88
Abbildung 8: Humusgehalt auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsklassen in %	91
Abbildung 9: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen in %	94
Abbildung 10: Pflanzenverfügbare P-Gehalt auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen in %	96
Abbildung 11: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Ackerland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 nach Gehaltsstufen in %	98
Abbildung 12: Pflanzenverfügbare K-Gehalt auf Grünland in OÖ lt. BZI 1993, landwirtschaftliche Proben 1991-1995 und 2008-2011 (höherer Probenanteil aus dem Mühlviertel) nach Gehaltsstufen in %	100
Abbildung 13: Humusgehalte (Verteilung Q5, Q10, unterer Quartil, Median, oberer Quartil, Q90, Q95) in den oberösterr. KPG in den Perioden 1991-1995 u. 2006-2011 (mit Angabe der Probenzahl u. Beprobungsdichte in ha	103
Abbildung 14: Säuregrade (pH-Wert-Klassen in %) auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011	104
Abbildung 15: Säuregrade (pH-Wert-Klassen in %) auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011	105
Abbildung 16: Humusgehaltsklassen in % auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011	106
Abbildung 17: Humusgehaltsklassen in % auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011	107
Abbildung 18: Phosphor-Gehaltsklassen in % auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011	108

Abbildung 19: Phosphor-Gehaltsklassen in % auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 – 2011	109
Abbildung 20: Kalium-Gehaltsklassen in % auf Ackerland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011	110
Abbildung 21: Kalium-Gehaltsklassen in % auf Grünland in den 3 HPG in der Periode 2008 - 2011	111
Abbildung 22: Die oberösterreichischen Haupt- und Kleinproduktionsgebiete im Überblick	119