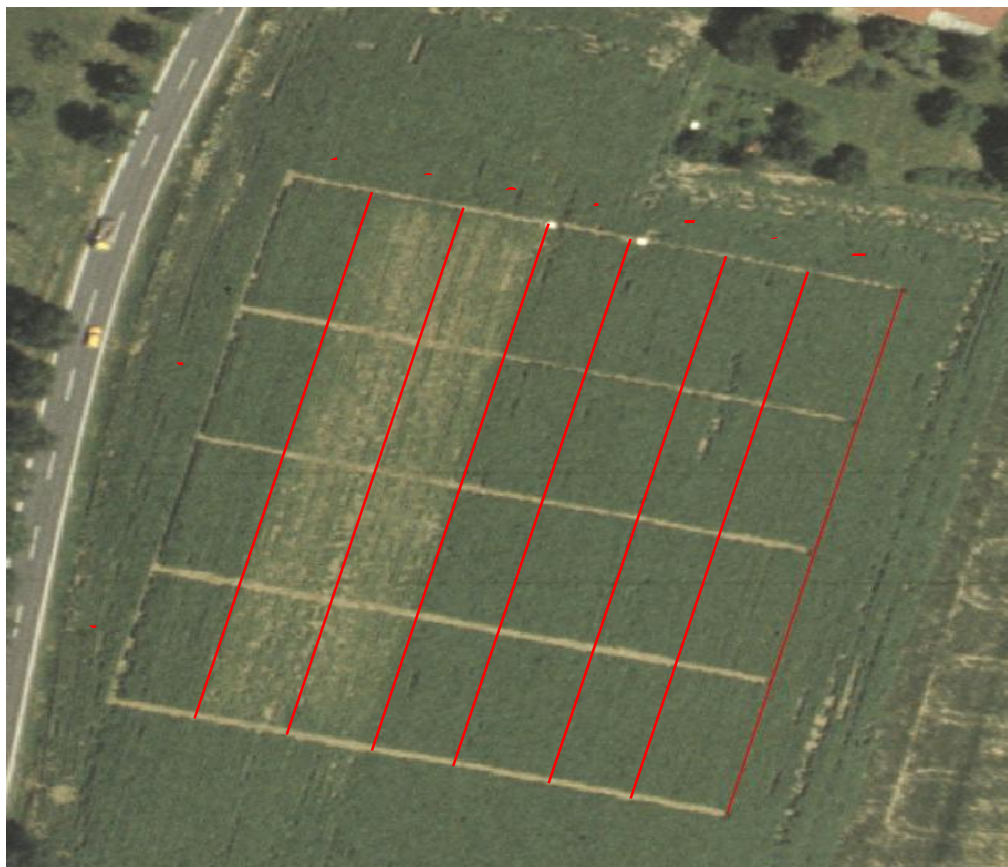


**Kompostanwendungs-Langzeitversuch
an der LBFS Ritzlhof
1993 - 2003**



im Auftrag des
Amtes der OÖ Landesregierung
Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik

Projektleitung: Ing. Johann Wahlmüller
Endbericht: Dipl.Ing.MSc. Gorana Rampazzo Todorovic

Juni 2006

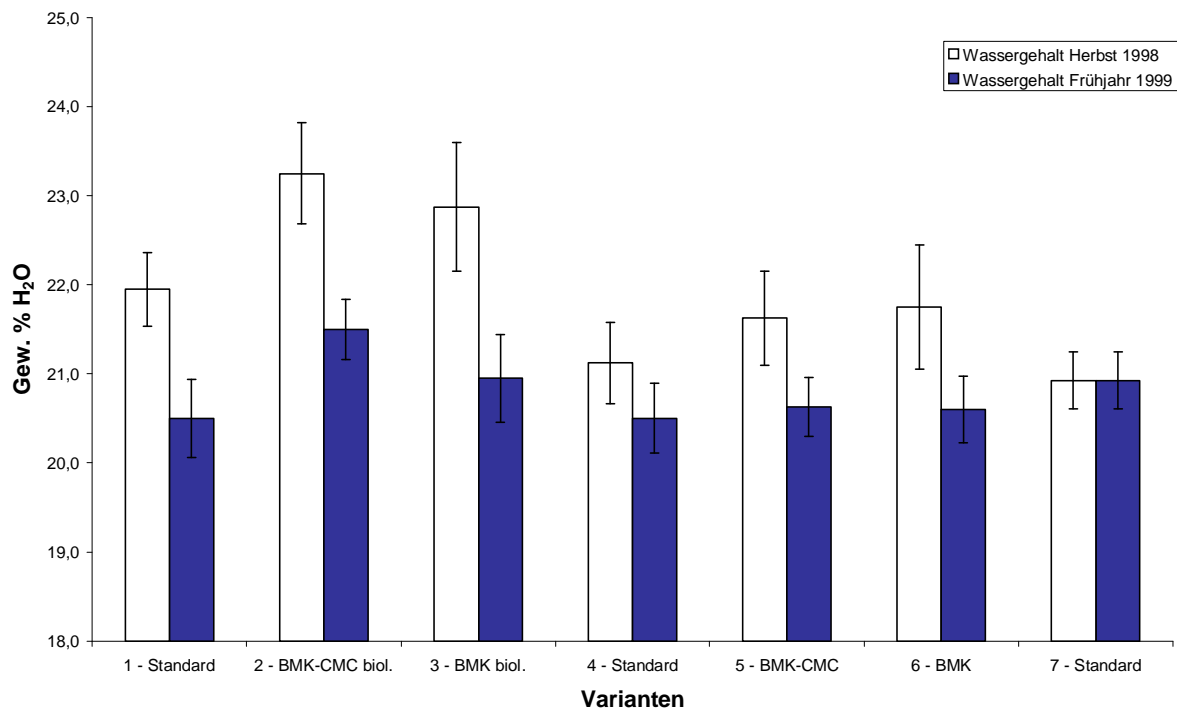


Abteilung Umwelt- und
Anlagentechnik

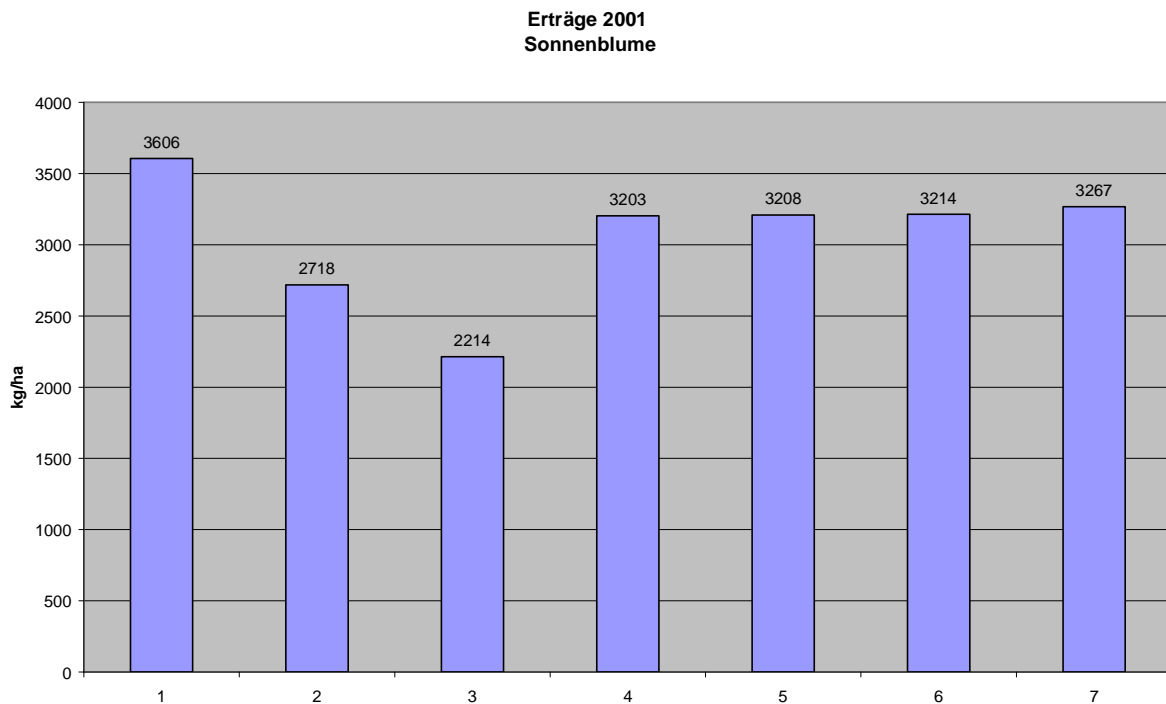
INHALTSVERZEICHNIS

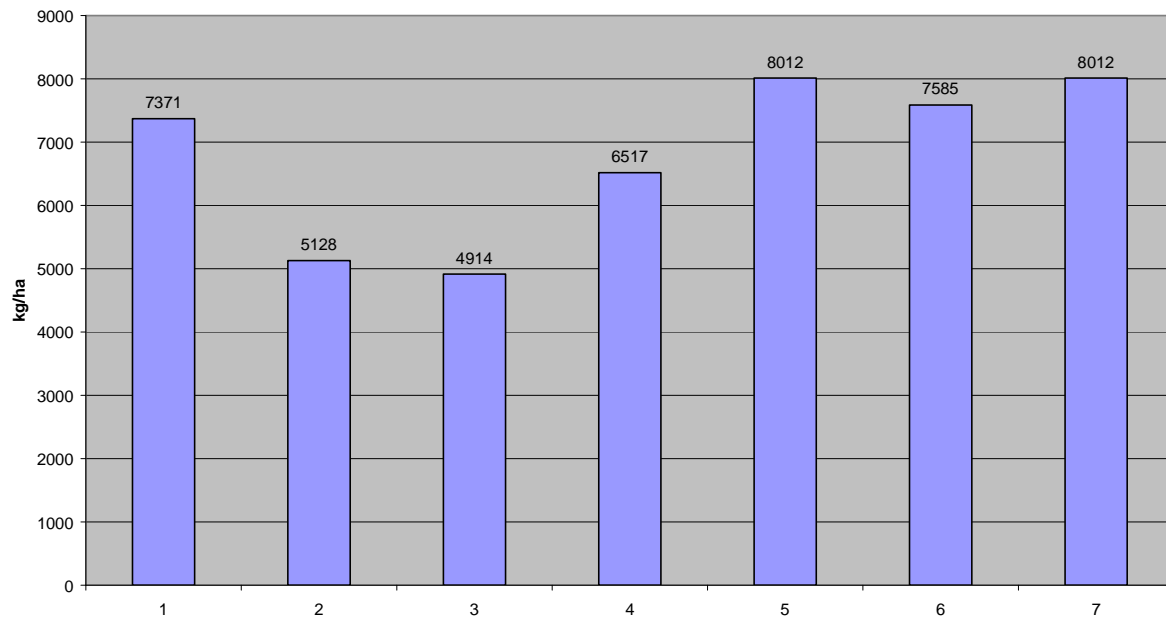
1	EINLEITUNG UND ABGRENZUNG DER FRAGESTELLUNG	7
2	MATERIAL UND METHODIK	9
	Die Anlage, Durchführung und Betreuung des Projektes erfolgte durch Ing. Johann Wahlmüller. Die praktischen Maßnahmen wurden im Rahmen der Bewirtschaftung des Landesgutes Ritzlhof durchgeführt.....	9
2.1	Standortseigenschaften	9
2.2	Auswahl der Versuchsfläche	9
2.3	Versuchsanlegung.....	10
	Die Versuchspartzellen wurden gemäß Abb. 2.1 bzw. Tab. 2.1 angelegt.	10
2.4	Geländearbeiten	12
2.4.1	Aufnahme der bodenkundlichen Ausgangssituation.....	12
2.4.2	Bodenprofile.....	13
2.4.3	Kompostausbringung.....	15
2.4.4	Bodenprobennahme.....	16
2.4.4.2	Bodenchemische Parameter	16
2.4.5	Installierung der Saugkerzenanlage	16
2.4.6	Erosionsversuche	18
2.4.6.1	Methodik des Beregnungsversuches.....	18
2.5	Kulturmaßnahmen	20
2.6	Labormethodik.....	22
3	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	25
3.1.1	Physikalische Eigenschaften.....	26
3.1.2	Nährstoffe und org. Substanz.....	26
3.1.3	Pflanzenverträglichkeit, keimfähige Unkrautsamen und austriebsfähige Pflanzenteile.....	26
3.2	Nährstoffeinträge.....	28
3.4	Bodenprofiluntersuchungen	34
	Tabelle 3.10 gibt die Ergebnisse der bodenkundlichen Basisuntersuchungen wieder. Die Profile wurden nach Tiefenstufen (0-20, 20-40, 40-60 cm) beprobt, die nicht immer mit den genetischen Horizonten identisch waren. Zur Zeit der Profilbeschreibung wurde als Ausgangssubstrat „lehmige Deckschichten“ angegeben. Diese wurden bei der Profilsprache tiefenmäßig nicht freigelegt. Die tiefste Stufe bei allen 3 Profilen lag bei 40-60 cm, also noch im pseudovergleyten B- Horizont der Braunerde. Das Ausgangsmaterial wurde somit nicht untersucht. All dies ist bei der Interpretation der Profilergebnisse zu berücksichtigen. Die Werte von pH, N, Humus, deuten zunächst auf eine relativ gute Homogenität des Standortes hin. Typisch waren die Abnahme mit der Tiefe von N-Kjeldahl und Humus. Allerdings deuteten die CaCO ₃ -Werte dagegen auf eine Inhomogenität des Versuchfeldes hin. Der Grund dafür dürfte weniger das Ausgangsmaterial sein, das eben nicht untersucht wurde, sondern eine inhomogene, ungleichmäßige Kalkung des Solums vor Versuchsbeginn. Dafür spricht die deutliche Abnahme des Carbonatgehaltes nach unten, eine Funktion die im Normalfall bei carbonathältigen Böden genau umgekehrt verläuft. Alle 3 Profile wiesen ähnliche Werte auf, einzig Profil 3 zeichnet sich durch einen deutlich höheren CaCO ₃ -Gehalt aus. Bei allen 3 Profilen handelte es sich um pseudovergleyte Lockersediment-Braunerden mit der Bodenart Schluff oder lehmiger Schluff.	
	34	
3.5	Bodenkundliche Parameter	34
3.5.3	Bodenmikrobiologische Untersuchungen.....	48
	N-Mineralisation.....	48
	Alkalische Phosphatase.....	49

Xylanase 50
 Biomasse-Stickstoff 51
 3.7 Bodenwassergehalte 58



58
 3.8 Berechnungsversuch 58
 Messkampagne 1999 58
 Messkampagne 2002 62
3.9 Ernteerträge 1993 – 2002 67



Erträge 2002
Wintergerste**75****4 ZUSAMMENFASSUNG 76**

4.6 Bodenprobennahme..... 77

Mit der Kompostausbringung wurden folgenden Mengen an Nährstoffen eingebracht: 80

60-300 kg/ha.a Gesamt-N, 250-350 kg Gesamt P₂O₅/ha.a, 100-180 kg CAL-P₂O₅ /ha.a, 280-350 kg Gesamt K₂O /ha.a, 170-230 kg CAL-K₂O /ha.a, 3,3-3,8 t organische Substanz /ha.a, 1200-1400 kg CaO /ha.a 80**5 LITERATUR 84****6 ANHANG..... 86**

6.1 Methodik der CMC Humusbestimmung (nach Lübke).....84

6.2 Auswertung der Chromatogramme (nach Urs Hildebrandt).....85

1 Einleitung und Abgrenzung der Fragestellung

Der in der LBFS Ritzlhof 1993 begonnene Langzeitversuch über die Möglichkeiten der Bodenverbesserung durch verschiedene Komposte im konventionellen Landbau einerseits und in biologischen Varianten andererseits wurde 2003 beendet. Obwohl es sich bei den biologischen Varianten nicht um eine Bewirtschaftung im Sinne der Bioverbände handelte, welche auch Fruchtfolge, Umfeld u. a. mit einbeziehen würden, werden diese im vorgelegten Endbericht aus Gründen der Einfachheit weiterhin „biologisch“ genannt.

Es gibt auf dem Gesamtgebiet der Kompostierung viele Versuche, die sich mit der Düngewirkung und der Kompostbereitung beschäftigen, allerdings nur wenige, die sich neben der Düngewirkung evtl. weiteren positiven Effekten des Kompostes, wie z. B. der Entwicklung einer nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit, widmen. Solche Effekte werden von Einzelpersonen, die sich schon lange mit der Kompostierung befassen, nicht nur behauptet, sondern es wird teilweise der Eindruck vermittelt, als könnten diese Effekte nur mit ganz bestimmten Kompostierungsmethoden erreicht werden.

Da anzunehmen war, dass es die angesprochenen Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit gibt (Erfahrungsberichte), diese jedoch damals nicht quantifiziert werden konnten, war es auch nicht möglich, sie in betriebswirtschaftliche Kalkulationen einfließen zu lassen. Bei diesen Fragen setzte der vorliegende Versuch an, um derartige Behauptungen näher auf ihren Wahrheitsgehalt zu durchleuchten.

Die Versuchsfragen waren:

- 1) Gibt es andere Effekte als die Düngewirkung bei der Ausbringung von Komposten in der Landwirtschaft? Wenn ja, können sie quantifiziert werden?
- 2) Gibt es Unterschiede zwischen verschiedenen Kompostierungsverfahren im Hinblick auf derartige Effekte?
- 3) Hat der Einsatz von üblichen chemisch-synthetischen Betriebsmitteln (Dünge- und Pflanzenschutzmittel) einen Einfluss auf diese Effekte?

Bei einer Expertenrunde am 15.4.1997, bei welcher DI Leitinger (OÖ Landesregierung,

Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik), Dr. Aichberger (Bundesamt für Agrarbiologie), Dr. Öhlinger (Bundesamt für Agrarbiologie), Urs Hildebrand (Firma Kompost und Boden) und Ing. Wahlmüller (Projektleiter) teilgenommen hatten, erläuterte Ing. Wahlmüller das beabsichtigte Ziel einer Erweiterung des Kompost-Langzeit-Anwendungsversuches, nämlich die Verdeutlichung der „Wohlfahrtswirkungen“ des Bodens:

- Filterwirkung des Bodens (Reinigungswirkung im Hinblick auf die Grundwasser- bzw. Gewässerqualität);
- Regenerationsvermögen des Bodens bei Bodenbelastungen;
- Stabilität des Bodens (z. B. Strukturstabilität bzw. Erosionsstabilität);
- Natürliches Ertragspotential des Bodens;
- Boden als Kohlenstoff-Depot, Beitrag des Bodens zur aktuellen CO₂-Problematik;

2 Material und Methodik

Die Anlage, Durchführung und Betreuung des Projektes erfolgte durch Ing. Johann Wahlmüller. Die praktischen Maßnahmen wurden im Rahmen der Bewirtschaftung des Landesgutes Ritzlhof durchgeführt.

2.1 Standortseigenschaften

Da für den Standort Ritzlhof keine langjährigen Klimainformationen vorliegen, wurde zur klimatischen Charakterisierung des Versuches die nächstgelegene Klimastation Hörsching, (Entfernung ca. 10 km) herangezogen. Der langjährige mittlere Niederschlag der Station Hörsching beträgt 753 mm und die mittlere Jahreslufttemperatur liegt bei 8,6 °C.

2.2 Auswahl der Versuchsfläche

Von Herrn Ing. Bäck von der ehemaligen Bundesanstalt für Bodenkunde wurde am 29. März 1993 nach einer intensiven Sondierung des Versuchsfeldes die Lage der Versuchsfläche festgelegt, um eine größtmöglich homogene Fläche zu erhalten. Die Versuchsfläche wurde vermessen und ausgepflocht. Wie sich nachträglich herausstellte, war die Versuchsfläche nicht in jeder Hinsicht homogen. Erhebliche Unterschiede waren z. B. beim CaCO_3 -Gehalt zu beobachten. Ein Grund dafür könnte die ehemalige Nutzung des Versuchsfeldes als Obstgarten sein (ehemalige Streuobstwiese).

2.3 Versuchsanlegung

Die Versuchspartellen wurden gemäß Abb. 2.1 bzw. Tab. 2.1 angelegt.

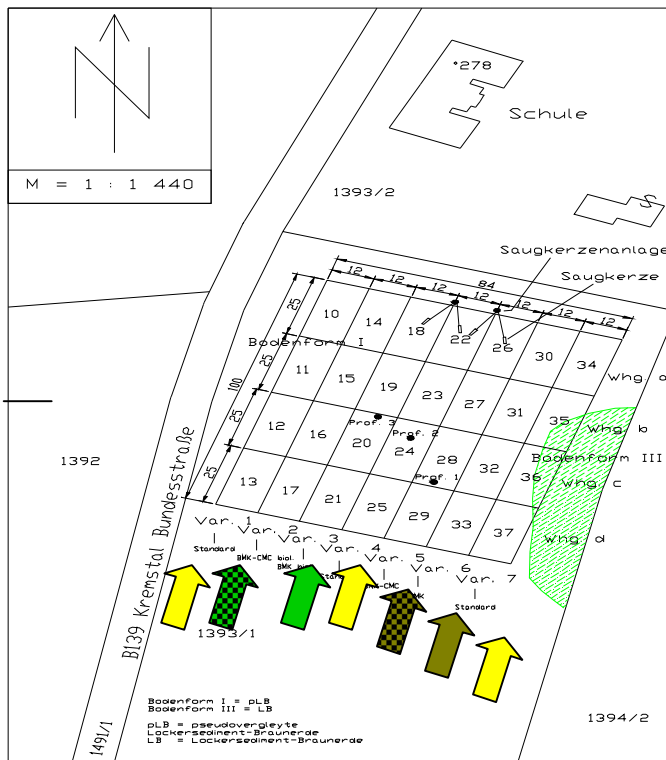


Abbildung 2.1: Lageplan des Versuchsfeldes. Das Versuchsfeld mit 100 m Länge und 84 m Breite bestand aus 7 verschiedenen Varianten (Var. 1 – 7), jede Variante aus 4 Wiederholungen (Whg. a, b, c, d). Die Parzellen waren nummeriert von 10 – 37. Der bestimmende Bodenformenkomplex des Versuchsfeldes ist die Bodenform I (= pLB, pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde). Bodenform III (= LB, Lockersediment-Braunerde) berührt das Versuchsfeld am Rande (Parzellen 35 – 36). Weiters ist die Lage der Bodenprofile zu sehen (Prof. 1 – 3).

Tabelle 2.1: Legende zum Lageplan der Varianten im Versuchsfeld.

<i>Variante</i>	<i>Kurzbezeichnung</i>	<i>Bewirtschaftung</i> ¹
1	Standard	Mineraldünger N-P-K, chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel
2	BMK-CMC ² biol.	Bäuerlicher Mischkompost (Rinder-, Schweine- Pferde- und Schafmist, Stroh, Erde, Gärtnereiabfälle und Grasschnitt), CMC-Bakterienpräparat
3	BMK ³ biol.	Bäuerlicher Mischkompost
4	Standard	Siehe Var. 1
5	BMK-CMC	Bäuerlicher Mischkompost, CMC-Bakterienpräparat, chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel
6	BMK	Bäuerlicher Mischkompost, Mineraldüngung N-P-K und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel
7	Standard	Siehe Var. 1

Ab dem Frühjahr 2000 gab es 2 zusätzliche Varianten, die aus den Varianten 5 (BMK-CMC) und 6 (BMK) hervorgegangen waren, s. Abb. 2.2. Die ursprünglichen Varianten 5 und 6 liefen unter der Bezeichnung 5 a bzw. 6 b weiter, die neuen Varianten 5 b (Kurzbezeichnung: BMK-CMC red. Min.) und 6 a (Kurzbezeichnung BMK red. Min.) unterschieden sich vor ihren Vorgängern im Ausmaß der Anwendung mineralischen Stickstoffs. Auf diesen Parzellen wurde anstatt der vollen N-Gabe nur ein Teil verabreicht, für das Jahr 2000 waren das 60 kg N/ha im Vergleich zu 141 kg N/ha auf 5a und 6b. Es sollte untersucht werden, inwieweit sich die kombinierte Anwendung von mineralischem Stickstoff mit Kompost auf die untersuchten Parameter, v. a. auf den Ertrag, auswirkt, wobei Wert auf die geringe N-Menge gelegt wurde, die als sogenannte „Startzündung“ zur Mobilisierung des Kompost-Stickstoffs beitragen sollte. Die Parzellen wurden aus je einer Hälfte der Parzellen der Varianten 5 und 6 geschaffen und lagen zwischen den beiden Vorgängervarianten.

² BMK-CMC ... Bäuerlicher Mischkompost: im wesentlichen bestehend aus:

20 % Stallmist (Pferde-, Rinder-, Schweine- Schafmist, separierter Anteil aus Schwemmentmischung,

10 % Stroh (Wintergerste oder Weizen),

10 % Erde (lehmig bis tonig, humusarm)

10 % alter Kompost

30 % Gärtnereiabfälle,

20 % Grasschnitt (jahreszeitlich schwankend – Ausgleich mit Gärtnereiabfällen oder Stallmist)

und CMC-Bakterienpräparat, ein Bakterienpräparat zur Optimierung des Rotteprozesses)

³ BMK ... Bäuerlicher Mischkompost: wie BMK-CMC, aber ohne CMC- Bakterienpräparat

⁴ CMC: Controlled Microbial Composting. Ein von der Fa. Lübke und Hr. Urs Hildebrand vertriebenes

Bakterienpräparat, das dem Kompost zur Optimierung des Rotteprozesses zugesetzt wurde

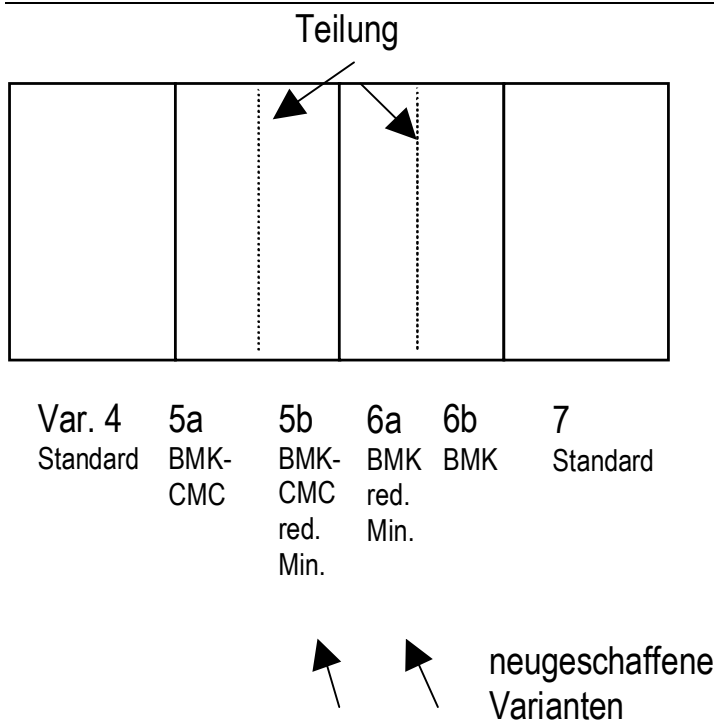


Abbildung 1.2: Im Frühjahr 2000 neugeschaffene Düngevarianten 5b und 6a.

Bei der Versuchsanlage handelte es sich weder um eine randomisierte Blockanlage noch um ein lateinisches Rechteck, sondern die Wiederholungen der Varianten wurden jeweils in einer Reihe hintereinander gelegt.. Streng genommen sind damit statistische Auswertungen nicht zulässig. Die hier angeführten graphischen und statistischen Vergleiche und Beobachtungen haben daher rein beschreibenden Charakter, die besonders bei sehr auffälligen Unterschieden bestimmte Tendenzen abbilden, jedoch nicht mit einer statistischen Signifikanz unterlegt werden können.

2.4 Geländearbeiten

2.4.1 Aufnahme der bodenkundlichen Ausgangssituation

Im Frühjahr 1993 wurde die bodenkundliche Ausgangssituation wie folgt aufgenommen:

- Kartierung des Bodens und des Ausgangsgesteines;
- Feststellung des strukturellen Bodenzustandes;

2.4.2 Bodenprofile

Herr Ing. Bäck hob gemeinsam mit den Schülern der LBFS Ritzlhof die Bodenprofile (1, 2 und 3) auf den Parzellen 28 (5c), 24 (4c) und 20 (3c) aus. In den Tiefen 0 – 20 cm, 20 – 40 cm und 40 – 60 cm wurden Bodenproben entnommen (Nummerierung 1 – 3, 4 – 6, 7 – 9), wobei diese Tiefenstufen nicht immer mit den genetischen Horizonten, siehe Profilbeschreibungen in den Tab. 2.2, 2.3, 2.4, übereinstimmten. Diese Maßnahme geschah im Rahmen der Bodenzustandsinventur 1993 für Oberösterreich (Amt der OÖ Landesregierung, Abt. Agrar- und Forstrecht).

Neben einer exakten Vermessung wurden die Stellen, an denen die Profile aufgedigelt waren, durch Metallteile, die in etwa 60 cm Tiefe eingegraben wurden, markiert. Diese Maßnahme wurde ebenfalls in Anlehnung an die Bodenzustandsinventur durchgeführt.

Profil 1: Metallrohr mit 60 cm Länge, 4 – 6 cm Durchmesser

Profil 2: Metallrohr mit 38 cm Länge, ca. 3 cm Durchmesser

Profil 3: Metallrohr mit 30 cm Länge, ca. 3 cm Durchmesser

Tabelle 2.2: Bodenprofil 1: pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde, nach BZI für Oberösterreich 1993.

Profilstelle: KG. Kremsdorf, Parz. 1393/1; OG. Ansfelden Kulturart: Acker; Seehöhe 300 m Relief: Riedel, 3°NE; Wasserverhältnisse: mäßig wechselfeucht DATUM: 2. April 1993		
PROFIL 1, Parzelle 20 (3 c)		
Probenbezeichnung / Tiefe	HORIZONT	BESCHREIBUNG
1 / 0 - 20 cm	Ap	0-25 cm; Schluff, vereinzelt Kies und Schotter, mittelhumos (Mull), schwach kalkhaltig; deutlich mittelkrümelig, mittelporös; dunkelgraubraun (10YR 4/2); gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend
2 / 20 - 40 cm	AB	25-35 cm; lehmiger Schluff, schwach humos (Mull), schwach kalkhaltig; deutlich mittelbrockig, feinporös, dunkelbraun (10YR 4/3); einzelne deutliche mittlere Fahlflecken, einzelne Eisen/Mangankonkretionen(1mm); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; übergehend
3 / 40 - 60 cm	BS 1	35-75 cm; lehmiger Schluff, humusfleckig, schwach kalkhaltig; deutlich mittelbrockig, feinporös u. schwach mittel- u. grobporös; gelblichbraun (10YR 5/6) mehrere deutliche mittlere Fahl- u. Rostflecken, viele Fe u. Mn-Konkretionen (1-8 mm) wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend
	BS 2	ab 70 cm; lehmiger Schluff, kalkfrei; deutlich mittelbrockig, schwach feinporös; gelblichbraun (10YR 5/6); einzelne deutliche mittlere Fahlflecken, mehrer deutliche mittlere Rostflecken, mehrere Eisen/Mangankonkretionen (1-5 mm); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit
Muttergestein:	lehmige Deckschichten (Deckenlehm)	
Bodentyp:	pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde	

Tabelle 2.3: Bodenprofil 2: pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde, nach BZI für Oberösterreich 1993.

Profilstelle: KG. Kremsdorf, Parz. 1393/1; OG. Ansfelden Kulturart: Acker; Seehöhe 300 m Relief: Riedel, 3°NE; Wasserverhältnisse: mäßig wechselfeucht Datum: 2. April 1993		
PROFIL 2, Parzelle 24 (4 c)		
Probenbezeichnung / Tiefe	HORIZONT	BESCHREIBUNG
4 / 0 - 20 cm	Ap	0-25/30 cm; Schluff, vereinzelt Kies und Schotter, mittelhumos (Mull), schwach kalkhaltig; deutlich mittelkrümelig, mittelporös; dunkelgraubraun (10 YR 4/2); gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend
5 / 20 - 40 cm	AB	25/30-50 cm; lehmiger Schluff, schwach humos (Mull), schwach kalkhaltig; deutlich mittelbrockig, stark feinporös, mittelporös, schwach grobporös; dunkelbraun (10 YR 4/3); einzelne deutliche mittlere Fahlflecken, einzelne Fe/Mn-Konkretionen (1 mm); gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit, allmählich übergehend
6 / 40 - 60 cm	BS 1	50 - 65 cm; lehmiger Schluff, humusfleckig, kalkfrei; deutlich mittelbrockig, schwach feinporös, mittelporös, grobporös; gelblichbraun (10YR 5/4); mehrere deutliche mittlere Fahl- und Rostflecken; mehrere Fe/Mn-Konkretionen (1-5 mm); gut durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend
	BS 2	ab 65 cm; lehmiger Schluff, kalkfrei; deutlich mittelbrockig, schwach feinporös; gelblichbraun (10 YR 5/4); einzelne deutliche große Fahlflecken, mehrere deutliche mittlere Rostflecken, mehrere Fe/ Mn-Konkretionen (1-5 mm); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit
Muttergestein:		lehmige Deckschichten (Deckenlehm)
Bodentyp:		pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde

Tabelle 2.4: Bodenprofil 3: pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde, nach BZI für Oberösterreich 1993.

Profilstelle: KG. Kremsdorf, Parz. 1393/1; OG. Ansfelden Kulturart: Acker; Seehöhe 300 m Relief: Riedel, 3°NE; Wasserverhältnisse: mäßig wechselfeucht DATUM: 2. April 1993		
PROFIL 3, Parzelle 28 (5 c)		
Probenbezeichnung / Tiefe	HORIZONT	BESCHREIBUNG
7 / 0 - 20 cm	Ap	0 - 30 cm; lehmiger Schluff, vereinzelt Kies und Schotter, mittelhumos (Mull), schwach kalkhaltig; deutlich mittelkrümelig, mittelporös; dunkelgraubraun (10YR 4/2); gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit; übergehend
8 / 20 - 40 cm	AB	30 - 50 cm; lehmiger Schluff, schwach humos (Mull), kalkhaltig; deutlich mittelbrockig, mittelporös und schwach grobporös; dunkelbraun (10YR 4/3); einzelne deutliche kleine Fahlflecken, mehrere Fe/Mn-Konkretionen (1-2 mm); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; übergehend
9 / 40 - 60 cm	BS 1	50 - 80 cm; lehmiger Schluff, humusfleckig, kalkfrei; deutlich mittelbrockig, feinporös; gelblichbraun (10YR 5/6); viele deutliche mittlere Fahlflecken, mehrere deutliche mittlere Rostflecken, viele Fe/Mn-Konkretionen (1-5 mm); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend
	BS 2	ab 80 cm; lehmiger Schluff, kalkfrei; deutlich mittelbrockig, schwach feinporös; mehrere deutliche mittlere Fahlflecken, mehrere deutliche mittlere Rostflecken, mehrere Fe/Mn-Konkretionen (1-8 mm); wenig durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit
Muttergestein:		lehmige Deckschichten (Deckenlehm)
Bodentyp:		pseudovergleyte Lockersediment-Braunerde

2.4.3 Kompostausbringung

Tabelle 2.5: Kompostausbringungsmengen (Tonnagen) 1993 – 2002.

Jahr	Kultur	Volumen m ³ /ha		Feuchtdichte	Feuchtmasse t/ha		Trockensubstanz %		Trockenmasse t	
		BMK	CMC	BMK/CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC
1993	Körnermais	45	50	0.7	31.5	35.0	59	62.3	18.6	21.8
1994	Soja	40	40	0.7	28.0	28.0	63	59.5	17.6	16.7
1995	Winterweizen	40	40	0.7	28.0	28.0	60	59	16.8	16.6
1996	Wintergerste	30	30	0.7	21.0	21.0	60	59	12.6	12.5
1997	Futtererbse	33	33	0.7	23.1	23.1	56.9	59.5	13.1	13.7
1998	Körnerraps	40	40	0.7	28.0	28.0	61.8	57.5	17.3	16.1
1999	Körnermais	50	50	0.7	35.0	35.0	59	57.7	20.7	20.2
2000	Winterweizen	40	40	0.96	38.4	38.4	62.5	58.6	24.0	22.5
2001	Sonnenblume	35	35	0.7	29.1	31.9	60	59.3	17.5	17.7
2002	Wintergerste	35	35	0.7	27.1	33.9	62	57.3	19.5	19.0

Anmerkung: Sowohl die Volumina als auch die Feuchtdichte beruhen auf Schätzungen!

Die Werte für die Trockensubstanz der Komposte 1995, 1996, 2001 und 2002 wurden aus den Werten 1993, 1994, 1997, 1998 und 1999 gemittelt

Kursiv fettgedruckte Werte sind Schätzwerte!

Die Aufbringungsmengen lagen zwischen 12 und 24 Tonnen Trockenmasse pro Jahr und waren damit sehr hoch, s. Tab. 2.5. Die Höchstaufwandmengen für Komposte der Qualitätsklassen A+ und A auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sind in der Kompostverordnung (BGBL Nr. 292/2001) mit 8 t TM pro ha und Jahr als Empfehlung angegeben. Gemäß OÖ. Bodenschutzgesetz 1991 in der Fassung LGBL Nr. 100/2005 ist die Ausbringung von Kompost der Qualitätsklasse A+ und A grundsätzlich ohne Einschränkung zulässig. Es sind daher die Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes, BGBL Nr. 215/1959 in der Fassung BGBL Nr. 155/1999 maßgeblich, wonach die maximale bewilligungsfrei N-Fracht auf Ackerböden 175 kg N/ha und Jahr, auf Grünland 210 kg N/ha und Jahr beträgt. Zusätzlich sind in diesem Zusammenhang die Bestimmungen der Nitratrictlinie (CELEX Nr. 391L0676) zu beachten. Nachdem sowohl die Volumina als auch die Feuchtdichten der Komposte für alle Jahre geschätzt wurden, sind die angegebenen Mengen vorsichtig zu beurteilen. Ab 2001 wurde die aufgebrauchte Kompostmenge gewogen.

2.4.4 Bodenprobennahme

2.4.4.1 Bodenphysikalische Parameter

Im Juli 1998 sowie im August 2002 wurden Bodenproben in ungestörter Lagerung mittels Stechzylinder in vierfacher Wiederholung für alle 7 Parzellen aus einer Bodentiefe von 0-20 cm entnommen.

2.4.4.2 Bodenchemische Parameter

1993, 1998, 2002 wurden für die Bestimmung der bodenchemischen Parameter aus allen 28 Parzellen (7 Varianten x 4 Wiederholungen) Bodenproben aus einer Tiefe von 25 cm gezogen. 1993 wurden 50 Einstiche/Parzelle vorgenommen, daraus eine Mischprobe gemacht, luftgetrocknet, auf 2 mm gesiebt (Feinboden) und an das Bundesamt für Agrarbiologie bzw. in das Labor de LBFS gebracht. Die Probeziehung von 1998 und 2002 erfolgte ebenfalls mittels Bodenbohrstock. Pro Parzelle erfolgten ca. 20 – 25 Einstiche, die gesamte Probemenge ging an das Bundesamt für Agrarbiologie Linz.

2.4.4.3 Bodenmikrobiologische Parameter

Die Probeziehung für die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgte an 2 Terminen: Herbstbeprobung am 21.10.1998: Probeziehung mit einem "Zwiebelstecher". Pro Einstich ergab dies einen Erdzylinder in der Größe von ca. 6 cm Durchmesser und 12 cm Höhe. Pro Parzelle erfolgten 10 Einstiche. Die Probemenge wurde am Feld in einem Kübel gesammelt, durchmischt und sofort in 2 Teile geteilt (ein Teil für das Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft in Wien, Spargelfeldgasse; der 2. Teil für Herrn Urs Hildebrand zur Chroma-Untersuchung). Beide Teile wurden mit Kühltaschen ins Bodenlabor der Schule transportiert und tiefgefroren gelagert.

Frühjahrsbeprobung nach derselben Methode am 7.4.1999 für die 2. mikrobiologische Untersuchung. Zwischen diesen beiden Beprobungsterminen erfolgte eine seichte Bearbeitung des Versuchsfeldes mit einer Kreiselegge am 22.10.1998.

2.4.5 Installierung der Saugkerzenanlage

Um die Auswirkungen von Kompost auf das Grundwasser in Bezug auf Nitrat zu erfassen,

wurden 2 Saugkerzenanlagen installiert, s. Abb. 2.3. Jeweils eine Saugkerzenanlage war für die kontinuierliche Beprobung von zwei Parzellen ausgelegt. Mit diesen Anlagen wurde das Sickerwasser unterhalb der Wurzelzone erfasst. Beprobt wurden 3 Varianten, nämlich Variante 3 (BMK biol.), Variante 4 (Standard) in zweifacher Wiederholung und Variante 5 (BMK-CMC) im Zeitraum 01.11.1998 bis 25.03.2003. Damit sollten einerseits Nitratkonzentrationen verschiedener Varianten ermittelt werden. Zusätzlich dienten die ermittelten Daten als Grundlage für eine Berechnung der Nitratfrachten mit dem Simulationsmodell SIMWASER/STOTRASIM (Stenitzer, 1988; Feichtinger 1998). Vom Zeitraum 15.4.2000 bis 25.3.2003 wurde zusätzlich Ammonium im Sickerwasser bestimmt. Im Zeitraum 16.3.2002 bis 25.3.2003 wurde zusätzlich Gesamtphosphor im Sickerwasser bestimmt.

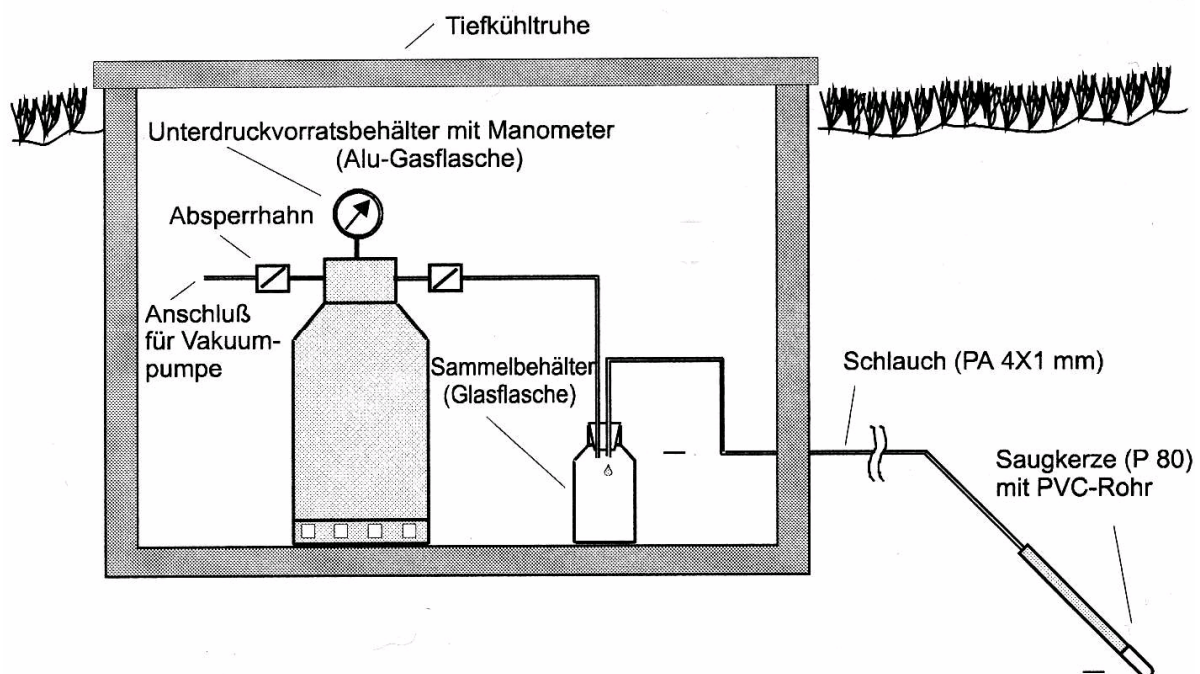


Abbildung 2.3: Schema einer Saugkerzenanlage.

Die beiden Messstellen wurden als Saugkerzenanlage ausgeführt. Um die Messeinrichtung vor Frost, Hitze, Beschädigung und Verschmutzung zu schützen, wurde die Absauganlage in das Gehäuse einer Tiefkühltruhe gestellt. Pro Messstelle wurden jeweils 2 Saugkerzen in 1,5 m Tiefe unter 45 ° Neigung in den Boden eingebracht (siehe Abb.3). An zwei Messstellen konnten die Saugkerzen wegen des plattig, grusigen Bodenmaterials nur auf 1,3 m Tiefe gesetzt werden.

2.4.6 Erosionsversuche

2.4.6.1 Methodik des Beregnungsversuches

In den Jahren 1999 und 2002 wurden Teilbereiche der Versuchspartellen „Konventionell“, „bäuerlicher Mischkompost“ und „CMC Kompost“ mit Hilfe eines Regensimulators künstlich beregnet, wobei Bodenabträge und Oberflächenabflüsse gemessen wurden. Aufgrund schlechter Witterungsbedingungen während der Erosionsversuche, waren die Ergebnisse der Regensimulationen des Herbstes 2002 zum größten Teil nicht verwendbar. Die Beregnungen wurden daher im Frühjahr 2004 wiederholt (Siehe auch Zwischenbericht des IKT, vom Dezember 2003, GZ 827-384/85/03). Der eingesetzte Regensimulator kann wie folgt charakterisiert werden:

Kennwerte des IKT Regensimulators:

- Frei wählbare Niederschlagsintensität zwischen 0 - 220 mm/h
- modularer Aufbau mit variablen Beregnungslängen
- Eingesetzte Düsen: HH40WSQ der Fa. Spraying Systems
- Düsenabstand: 1 m
- Uniformitätskoeffizient nach Christiansen: ungefähr 90 %
- Mittlerer volumetrischer Tropfendurchmesser: ca. 2,0 mm

Weitere methodische Details des verwendeten Regensimulators können Strauss et al. (2000) entnommen werden. Die für diese Versuche verwendete Beregnungsfläche betrug 5 m x 2 m. Die Parzellen befanden sich zu allen Beregnungszeitpunkten im Zustand eines fertigen Saatbeetes. Um einheitliche Bodenwassergehalte für die jeweilige Beregnung herzustellen, wurde jede Beregnung mit einem Niederschlag von 30 mm/h (Beregnungsdauer: 0,5 h) begonnen. Die kinetische Energie des Niederschlags wurde bei dieser Vorberegnung durch ein feinmaschiges Netz, das über die jeweilige Parzelle gelegt worden war, aufgefangen. Nach einer halbstündigen Pause wurde dann die eigentliche Regensimulation durchgeführt, wobei 1 Stunde (2002), bzw. zumindest 1 Stunde (2004) lang mit einer Intensität von 60 mm/h beregnet wurde. Bei den Versuchen 1999 wurde Leitungswasser für die Beregnungen verwendet. Aufgrund einiger neuerer Erkenntnisse, die einen Einfluss der Qualität des Beregnungswassers auf die Versuchsergebnisse zeigten (Azazoglu et al., 2002), wurden die Versuche 2002 und 2004 ausschließlich mit entionisiertem Wasser mit einer maximalen Leitfähigkeit von 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durchgeführt. Die Hangneigungen der untersuchten

Parzellen lagen zwischen 7.7 % und 8.5 %. Neben den standardmäßig erfassten Parametern wie Bodenabtrag, Oberflächenabfluss und gravimetrischer Bodenwassergehalt wurden zu den verschiedenen Messkriterien vor den Berechnungen noch zusätzliche chemische und physikalische Bodeneigenschaften erfasst. Für die Messkampagne des Jahres 1999 waren dies Textur, organische Substanz, gesättigte hydraulische Leitfähigkeit und Rohdichte. Während der Messkampagne 2002 wurden als zusätzliche bodenphysikalische Parameter die Oberflächenrauigkeit und die Scherspannung der Bodenoberfläche ermittelt, sowie als zusätzlicher chemischer Parameter der Gesamtphosphorgehalt der erodierten Bodensuspensionen bestimmt. Außerdem wurden die Berechnungen im Jahre 2002 in einem Zeitabstand von ca. 5 Tagen je zweimal auf den gleichen Parzellen wiederholt. Alle Varianten wurden sowohl 1999 als auch 2002 in zumindest zweifacher Wiederholung durchgeführt.

2.5 Kulturmaßnahmen

Kulturmaßnahmen 1993 - 2000			Varianten						
	Datum		1	2	3	4	5	6	7
Körnermais 1993	26.4.93	Saatbeetkombination + Anbau	*	*	*	*	*	*	*
	29.4.93	chem. Unkrautbekämpf. (3 l Stomp SC/ha)	*			*	*	*	*
	2.6.93	Kompostausbringung		*	*		*	*	
Soja 1994	8.10.93	Ernte	*	*	*	*	*	*	*
	4.11.93	CMC-Bakterienlösung		*			*		
	4.11.93	IMANTS-Spatenpflug + Anbau Grünroggen		*	*				
	21.4.94	Einarbeitung Grünroggen mit Rototiller		*	*				
	24.4.94	Kreiselegge	*	*	*	*	*	*	*
	28.4.94	Kompostausbringung		*	*		*	*	
	29.4.94	Anbau (58 Körner/m ²)	*	*	*	*	*	*	*
	13.5.94	mechanische Unkrautbekämpfung chem. Unkrautbekämpf. (2 l Öl, 1,5 l		*	*				
	14.5.94	Basagran/ha)	*			*	*	*	*
	26.5.94	Striegeln	*	*	*	*			
	5.8.94	1,5 l Basagran, 5 g Harmonie, 0,3 l Exellent/ha	*			*	*	*	*
22.9.94	Ernte	*	*	*	*	*	*	*	
W.weizen 1995		Kompostausbringung		*	*		*	*	
	6.10.94	Anbau (200 kg/ha)	*	*	*	*	*	*	*
	13.3.95	Striegeln	*	*	*	*	*	*	*
	13.3.95	Handelsdünger, 50 kg Rein-N	*			*	*	*	*
	24.3.95	Striegeln	*	*	*	*	*	*	*
	21.4.95	Striegeln		*	*				
	22.4.95	1 l Aniten neu, 2 l Basagran DP, 0,5 l Halmfest (CCC)	*			*	*	*	*
	28.4.95	Handelsdünger NAC, 30 kg Rein-N Handelsdünger NAC, 20 kg Rein-N	*			*	*	*	*
	9.6.95	(Qualitätsdüng.)	*			*	*	*	*
	25.7.95	Ernte	*	*	*	*	*	*	*
W.gerste 1996	25.7.95	Stoppelsturz mit Grubber	*	*	*	*	*	*	*
	13.9.95	CMC-Bakterienlösung		*	*				
	20.9.95	Kompostausbringung		*	*		*	*	
	20.9.95	Anbau	*	*	*	*	*	*	*
	23.10.95	Striegeln	*	*	*	*	*	*	*
	8.3.96	300 kg Handelsdünger Vollkorn rosa (15-10-10)	*			*	*	*	*
	19.4.96	Striegeln	*	*	*	*	*	*	*
	19.4.96	chem. Pflanzenschutz	*			*	*	*	*
	14.7.96	Ernte + Stoppelsturz mit Ackerfräse	*	*	*	*	*	*	*
				*	*		*	*	
Futtererbse 1997	26.8.96	Kompostausbringung		*	*		*	*	
	27.8.96	Winterfurche mit IMANTS-Spatenpflug	*	*	*	*	*	*	*
	28.8.96	Anbau Winterbegrünung (Senf)	*	*	*	*	*	*	*
	9.4.97	Anbau (ohne Ackerung)	*	*	*	*	*	*	*
	16.4.97	Striegeln	*	*	*	*	*	*	*
	12.5.97	2 kg/ha Lentagran WP	*			*	*	*	*
	14.5.97	Striegeln		*	*				
	29.7.97	Ernte + Stoppelsturz mit Scheibenegge	*	*	*	*	*	*	*
Winterraps 1998	27.8.97	Kompostausbringung		*	*		*	*	

Körnermais 1999	27.8.97	Ackerung	*	*	*	*	*	*	*		
	28.8.97	Anbau (3,5 kg/ha)	*	*	*	*	*	*	*		
	31.8.97	1 kg/ha Schneckenkorn	*	*	*	*	*	*	*		
	4.3.98	500 kg Handelsdünger Vollkorn rosa (15-10-10)	*			*	*	*	*		
	2.4.98	Handelsdünger NAC, 56 kg Rein-N + 0,1 l/ha Arpan	*			*	*	*	*		
	20.7.98	Ernte	*	*	*	*	*	*	*		
	22.10.98	Seichte Bodenbearbeitung mit Kreiselegge	*	*	*	*	*	*	*		
	21.4.99	Ausbringung des Kompostes	*	*	*	*	*	*	*		
	1.5.99	Grubbern	*	*	*	*	*	*	*		
	4.5.99	Anbau des Maises	*	*	*	*	*	*	*		
	4.5.99	600 kg/ha Vollkorn Rosa (15-10-10)	*			*	*	*	*		
	25.5.99	Spritzung 1 kg/ha Terano + 1 l/ha SL 950, 0,2 l/ha Neo-wet	*			*	*	*	*		
	27.5.99	120 kg/ha Harnstoff (55 kg/ha Rein-N)	*			*	*	*	*		
	31.5.99	Maschinenhacke		*	*						
	9.6.99	Handhacke		*	*						
6.10.99	Ernte	*	*	*	*	*	*	*			
W.weizen 2000		Schaffung von 2 neuen Varianten!	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7
15.10.99	Ausbringung des Kompostes		*	*			*	*	*	*	*
16.10.99	Anbau Winterweizen, Sorte Optimus, 170 kg/ha	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23.3.00	Mineraldg. Vollkorn rosa, 330 kg, 18-12-12, entspr. 60/40/40	*			*	*	*	*	*	*	*
4.4.00	mechanische Unkrautbekämpfung, Striegeln	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9.4.00	Pflanzenschutz: Spritzung Concert 90 g/ha	*			*	*	*	*	*	*	*
12.4.00	Mineraldg. NAC 150 kg (27 % N), entspricht 40,5 kg ReinN	*			*	*				*	*
17.5.00	Mineraldg. NAC 150 kg (27 % N), entspricht 40,5 kg ReinN	*			*	*				*	*
17.5.00	Pflanzenschutz: Spritzung Amistar 0,6 l, Gladio 0,6 l, Cymbigon 0,25 l, Dicopur M 1,5 l/ha	*			*	*	*	*	*	*	*
25.6.00	Händische Unkrautbekämpfung (Disteln ziehen)		*	*							
22.7.00	Ernte	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Sonnenblume 2001	30.04.01	Kompostausbringung		*	*		*	*	*	*	*
	01.05.01	Anbau der Sonnenblume	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		Mineraldg. Vollkornrosa, 400 kg, 15/10/10, entspr. 60/40/40	*			*	*	*	*	*	*
		2 x Hacke	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		zusätzliche Handhacke		*	*						
	01.10.01	Drusch	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Wintergerste 2002	04.10.01	Ackerung des Feldes	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	05.10.01	Anbau der Wintergerste	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	10.10.01	Kompostausbringung		*	*		*	*	*	*	*
	06.03.02	Mineraldg. 200 kg NAC (= 54 kg rein N)	*			*	*	*	*	*	*
	03.04.02	Mineraldg. 250 kg NAC (= 67,5 kg rein N)	*			*	*	*	*	*	*
	30.03.02	Pflanzenschutz IPU + FOX (1,5 l + 1l/ha)	*			*	*	*	*	*	*
	03.04.02	Pflege : Striegeln		*	*						
	27.06.02	Ernte	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Zusätzlich zu diesen tabellarisch angeführten Kulturmaßnahmen sind noch folgende Anmerkungen zu machen, welche evtl. von Relevanz sein könnten.

Zusätzlich zu diesen tabellarisch angeführten Kulturmaßnahmen sind noch folgende Anmerkungen zu machen, welche evtl. von Relevanz sein könnten:

Besonderheiten im Witterungsverlauf:

Am 19.5.1993 erfolgte ein Wolkenbruch mit einer Niederschlagsmenge von 33 mm innerhalb einer halben Stunde. Die Folge waren schwere Erosionserscheinungen.

Besonderheiten im Kulturenverlauf:

Der Aufgang der Sojabohne 1994 war auf allen Parzellen optimal und gleichmäßig. Ab dem Erscheinen des zweiten bzw. dritten dreigeteilten Blattes stellte sich auf den Parzellen 2 und 3 eine deutliche Gelbfärbung der Pflanzen ein. Es war zu beobachten, dass auf diesen Parzellen die Entwicklung der Knöllchenbakterien schlecht war oder ganz fehlte. Eine mögliche Erklärung dafür könnte der im Frühjahr „eingetillerte“ Grünroggen gewesen sein. Die Parzellen 2 und 3 gerieten in einen Wachstumsrückstand, der sie in weiterer Folge zum auserwählten Ziel eines intensiven Hasen und Taubenverbisses machte. Diese Tatsache fand auch in den Parzellenenerträgen ihren deutlichen Niederschlag. Trockenschäden waren aufgrund des guten Wasserhaltevermögens des Bodens auch in der intensiven Trockenheit dieses Sommers nicht zu beobachten.

2.6 Labormethodik

2.6.1 Fortlaufende Untersuchungen

2.6.1.1 Kompostuntersuchungen

Die 2 verschiedenen biologischen Komposte, ein sogenannter Bäuerlicher Mischkompost (BMK), im wesentlichen zusammengesetzt aus 20 % Rinder- Schweine- Pferde- und Schafmist, 10 % Stroh (Wintergerste oder Weizen) 10 % Erde, 10 % altem Kompost, 30 % Gärtnereiabfällen und 20 % Grasschnitt sowie der BMK-CMC-Kompost (gleiche Zusammensetzung plus ein CMC-Bakterienpräparat) wurden von 1993 – 2000 vom Bundesamt für Agrarbiologie Linz untersucht. Für die im Jahre 1995, 1996, 2001, 2002 ausgebrachten Komposte gibt es keine Untersuchungsergebnisse. Deshalb müssen einige der Tabellen im Kap. 3.2 für die Jahre 1995, 1996, 2001 und 2002 auf Schätzwerte zurückgreifen, die aus den Mittelwerten der übrigen Jahre gebildet wurden.

2.6.1.2 Sickerwasseruntersuchungen

- NO₃ und NH₄ im Sickerwasser (Saugkerzenanlage) 2-wöchentlich (01.11.1998 bis 25.03.2003) nach Ö-NORM L 1091

2.6.1.3 Ertragserhebungen

- Jährlich;

2.6.2 Periodisch wiederkehrende Untersuchungen

2.6.2.1 Bodenphysikalische Untersuchungen:

- Aggregatstabilität nach Murer et al., 1993;

2.6.2.2 Bodenchemische Untersuchungen

- pH-Wert (CaCl₂) nach Ö-NORM L 1083;
- CaCO₃-SCHEIBLER nach Ö-NORM L 1084;
- N-Kjeldahl nach Ö-NORM L 1082;
- C/N
- Humus nach Ö-NORM L 1081;
- Humuszahl nach Lübke;
- P₂O₅ im CAL-Extrakt nach Ö-NORM L 1087;
- K₂O im CAL-Extrakt nach Ö-NORM L 1087;
- Schwermetalle im Königswasseraufschluss nach Ö-NORM L 1085;

2.6.2.3 Bodenmikrobiologische Untersuchungen:

- N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch nach Keeney (1982), modifiziert nach E. Kandler;
- Alkalische Phosphatase nach Hoffmann (1968), modifiziert nach R. Öhlinger;
- Xylanase nach von Mersi und Schinner nach Amato und Ladd (1988), modifiziert nach R. Öhlinger;
- Biomasse-Stickstoff mittels Fumigation-Extraktion nach Amato und Ladd (1988), modifiziert nach R. Öhlinger,

2.6.2.4 Erosionsversuche

- Regensimulation mit Messung des Bodenabtrages und Oberflächenabflusses; Beregnungs- und Erosionsversuche nach Arbeitsanweisung des Institutes für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft;

2.7 Untersuchungsintervalle

Die Untersuchungen wurden in unterschiedlichen Intervallen durchgeführt, s. Tab. 2.6.

Tabelle 2.6: Untersuchungsintervalle der gemessenen Parametern.

Untersuchungsintervall	
Regelmäßig	
2-wöchentlich (teilweise seit Herbst 1998)	NO ₃ , NH ₄ und P im Sickerwasser
Jährlich	Kompostuntersuchungen, Ertragserhebung,
Unregelmäßig	
1993	Bodenuntersuchungen: pH, N _{Kjeldahl} , C/N, Humus, Humuszahl, Aggregatstabilität, P ₂ O ₅ , K ₂ O, CaCO ₃ , Schwermetalle,
1998	Wie 1993, zusätzlich: bodenmikrobiologische Untersuchungen (N-Mineralisation, alkal. Phosphatase, Xylanase-Aktivität, Biomasse-Stickstoff)
1999	Bodenmikrobiologische Untersuchungen wie 1998
2002	Bodenuntersuchungen: pH, N _{Kjeldahl} , C/N, Humus, Humuszahl, Aggregatstabilität, P ₂ O ₅ , K ₂ O, CaCO ₃ , Schwermetalle
1999, 2002, 2004	Beregnungsversuche: Oberflächenabfluß, Bodenabtrag,
1999	Beregnungsversuche: gesättigte Wasserleitfähigkeit, organischer Kohlenstoff, Rohdichte
2002/2004	Beregnungsversuche: Scherwiderstand, Oberflächenrauigkeit, Phosphorkonzentrationen im Oberflächenabfluß

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Kompostqualitäten

Die Eigenschaften der ausgebrachten Komposte sind aus Tab. 3.1 ersichtlich.

Tabelle 3.1: Kompostqualitäten für CMC und BMK-Komposte 1993 – 2000 nach den zur Zeit der Anwendung geltenden Bestimmungen ÖNORM S2200.

Kompostqualitäten		ÖNORM S 2200 bzw. häufiger Bereich		BMK zu K.mais 93	BMK-CMC zu Soja 94	BMK zu F.erbse 97	BMK-CMC zu W.raps 98	BMK zu K.mais 99	BMK-CMC zu W.Weizen 00	BMK zu K.mais 93	BMK-CMC zu Soja 94	BMK zu F.erbse 97	BMK-CMC zu W.raps 98	BMK zu K.mais 99	BMK-CMC zu W.Weizen 00
Phys. Eigensch.		A	B												
Wassergehalt	% FS	25-50		41	37.7	37	40.5	43.1	40.5	38.2	42.5	41	42.3	37.5	41.4
Trockenmasse	% FS			59	62.3	63	59.5	56.9	59.5	61.8	57.5	59	57.7	62.5	58.6
Wass.kapazität	g/100 g TS													97	115
Feuchtdichte	kg/L	< 0,85												0.96	0.96
pH-Wert				7.4	7.2	7.7	7.7	7.5	7.3	7.4	7.4	7.6	7.3	7.4	7.5
Leitfähigkeit	mS/cm	< 2	< 4	1.93	1.46	2.59	1.93	2.06	2.2	3.12	2.82	2.23	1.59	1.36	1.81
GV (org. Subst.)	% TS	> 20		20.7	15.9	30.7	19.9	18.2	16.3	21.7	20	18.2	20	16.7	18
Glührückstand	% TS			79.3	84.1	69.3	80.1	81.8	83.7	78.3	80	81.8	80	83.3	82
Nährstoffe		häufiger Bereich													
N (Kjeldahl)	% TS	0,7 -1,7		1.1	0.78	1.71	0.97	0.89	0.94	1.25	1.04	0.85	0.86	0.95	0.91
NO ₃ -N	mg/100g TS	10 - 35		49.5	31.84	20.8	21.8	46.4	78	81	82	9.3	12.36	13.99	6.11
NH ₄ -N	mg/100g TS	10		6.2	4.3	12.7	14	5.6	6.2	5.1	4.7	5.6	5.53	4.8	3.7
C/N		10 - 25		10.9	11.9	10.4	11.9	11.9	10.1	10.1	11.2	12.4	13.5	12.4	13.5
P ₂ O ₅ gesamt	% TS	0,4 - 1,5		2.13	1.49					1.92	1.56	1.22	1.05	1.03	1.23
P ₂ O ₅ CAL	mg/100g TS			1020	710	1420	225	720	720	875	740	640	450	520	550
K ₂ O gesamt	% TS	1,0 - 4,0		1.29	1.01					2.2	1.9	1.79	1.39	1.19	1.55
K ₂ O CAL	mg/100g TS			880	530	1850	1230	1020	1080	1230	1125	1030	780	675	1050
CaO	% TS	3,0 - 10,0		6.28	3.22	7.65	5.71			6.22	5.22	7.89	6.82	8.39	12.72
Mg	% TS	0,2 - 1,6		1.12	0.92	1.32	1.13			1.2	1.09	1.23	1.25	1.51	2.34
B-HWL	mg/kg TS	< 10		8	3.2										
Schwermetalle		A	B												
Kupfer	mg/kg TS *)	70	100	58	51	100	75	58	55	56	46	52	45	51	46
Zink	mg/kg TS *)	210	400	246	188	356	264	241	216	285	254	215	196	218	189
Nickel	mg/kg TS *)	42	60	26	26	22	22	22	21	25	25	24	27	24	23
Chrom	mg/kg TS *)	70	70	27	27	26	28	28	28	33	34	35	35	38	26
Blei	mg/kg TS *)	70	150	19	12	14	40	20	18	16	21	27	25	33	13
Cadmium	mg/kg TS *)	0.7	1	0.5	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2
Quecksilber	mg/kg TS *)	0.7	1	0.2	0.05	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

BMK = Bäuerlicher Mischkompost

BMK-CMC = Bäuerlicher Mischkompost mit Kompoststarterbakterien

B-HWL = heißwasserlösliches Bor

GV = Glühverlust

*) Schwermetallgehalt auf 30 % Glühverlust bezogen

Tabelle 3.1 a: Kompostqualitäten für CMC und BMK-Komposte 1993 – 2000 nach den im Jahre 2006 geltenden Qualitätskriterien (nach Kompostverordnung 2001).

Schwermetalle	Grenzwerte	A+	A	BMK	BMK-CMC	BMK	BMK-CMC	BMK	BMK-CMC	BMK	BMK-CMC	BMK	BMK-CMC
				zu K.mais 93		zu Soja 94		zu F.erbse 97		zu W.raps 98		zu K.mais 99	
Kupfer	mg/kg TS	70	150	58 (A+)	51 (A+)	100 (A)	75 (A)	58 (A+)	55 (A+)	56 (A+)	46 (A+)	52 (A+)	45 (A+)
Zink	mg/kg TS	200	500	246 (A)	188 (A+)	356 (A)	264 (A)	241 (A)	216 (A)	285 (A)	254 (A)	215 (A)	196 (A)
Nickel	mg/kg TS	25	60	26 (A)	26 (A)	22 (A+)	22 (A+)	22 (A+)	21 (A+)	25 (A)	25 (A)	24 (A)	27 (A)
Chrom	mg/kg TS	70	70	27 (A+)	27 (A+)	26 (A+)	28 (A+)	28 (A+)	28 (A+)	33 (A+)	34 (A+)	35 (A+)	35 (A+)
Blei	mg/kg TS	45	120	19 (A+)	12 (A+)	14 (A+)	40 (A+)	20 (A+)	18 (A+)	16 (A+)	21 (A+)	27 (A+)	25 (A+)
Cadmium	mg/kg TS	0.7	1	0.5 (A+)	0.2 (A+)	0.4 (A+)	0.3 (A+)	0.3 (A+)	0.4 (A+)	0.5 (A+)	0.5 (A+)	0.3 (A+)	0.3 (A+)
Quecksilber	mg/kg TS	0.4	0.7	0.2 (A+)	0.05 (A+)	0.01 (A+)	0.1 (A+)	0.1 (A+)	0.1 (A+)	0.1 (A+)	0.1 (A+)	0.1 (A+)	0.1 (A+)

3.1.1 Physikalische Eigenschaften

Der Wassergehalt (und respektive Trockensubstanz) lag im geforderten Bereich. Die Werte der Leitfähigkeit lagen nicht für alle Komposte unter 2 mS/cm, wie sie lt. Ö-NORM S 2200 für einen Komposttyp A (im wesentlichen Reifekompost) gefordert werden. 1998 war der Salzgehalt relativ hoch. Der Glühverlust sollte laut Ö-NORM-Gütekriterien > 20 % TS sein, dieser Wert wurde nicht immer erreicht. Komposte mit Gehalten unter 20 % sind für den Einsatz in der Landwirtschaft wenig geeignet, da der Aufbau von organischer Substanz im Boden bei diesen niedrigen Gehalten kaum möglich ist (BMLFUW, 1999). Beim pH-Wert schienen laut Ö-NORM keine Spannweiten auf, deshalb sei auf einen Vorschlag für Qualitätsanforderungen an Komposte nach verschiedenen Autoren (Amlinger, 1993) verwiesen: Alle untersuchten Komposte bewegten sich in dem geforderten Bereich von 5,5 – 8,5. Erstmals gibt es seit 2000 auch Untersuchungen zur Feuchtdichte und Wasserkapazität. Die gemessene Dichte von 0,97 kg/L ist im Vergleich zum Wert der Ö-NORM 2200 von <0,85 kg/L hoch.

3.1.2 Nährstoffe und org. Substanz

Die seit 1.7.2000 geltende Ö-NORM-Novelle S 2200-A1 schreibt für Nährstoffe keine Mindestanforderungen vor, verlangt aber die Kennzeichnung im Rahmen der Deklarationspflicht. NO_3 und NH_4 lagen im üblichen Bereich von Durchschnittskomposten, das Verhältnis beider Größen zueinander war 1994 sehr gering, das lässt für dieses Jahr auf eine geringe Kompostreife schließen. Die üblichen Kompostnährstoffgehalte lagen bei 0,7 – 1,7 % Gesamt-N; 0,4 – 1,5 P_2O_5 und 1,0 – 4,0 % K_2O (BMLF, 1999). Fast alle Komposte lagen in dieser Bandbreite, außer diejenigen von 1993 und 1998, welche hohe P_2O_5 -Gesamtgehalte aufweisen. Nach der „Richtlinie für die sachgerechte Düngung“, 5. Auflage, (BMLF, 1999) zeigten die CAL-extrahierbaren (pflanzenverfügbaren) P_2O_5 und K_2O -Gehalte extrem hohe Versorgung. Die Mg- und CaO-Gehalte waren unauffällig (etwas höherer Wert für CMC-Kompost 2000). Das C/N-Verhältnis sollte zwischen 10 – 14 liegen, es liegt bei allen Komposten in diesem Bereich.

3.1.3 Pflanzenverträglichkeit, keimfähige Unkrautsamen und austriebsfähige Pflanzenteile

Für die Jahre 1993, 1997 und 1998 und 1999 lagen teilweise bzw. vollständig die Analysen

zur Pflanzenverträglichkeit bzw. zu Gehalten an keimfähigen Unkrautsamen und austriebsfähigen Pflanzenteilen vor. Nachstehend die Ergebnisse aus Tab. 3.2.

Tabelle 3.2: Pflanzenverträglichkeitsprüfungen, keimfähige Unkrautsamen, austriebsfähige Pflanzenteile nach der zur Zeit der Ausbringung geltenden Ö-NORM S 2200.

(Mit der Kompostverordnung 2001 traten anstatt der bisher bei der Pflanzenverträglichkeit maßgeblichen Bestimmungen nach ÖNORM S 2200 Deklarations- und Kennzeichnungspflichten in Kraft).

Pflanzenverträglichkeitsprüfung Kompost zu Mais 1993														
	Vergleichssubstrat	Prüfsubstrat	Keimrate		Keimverzögerung		Biomasse Aufwuchs		Pflanzenfarbe		Abnormität			
	[%]	[%]	[%]		in Tagen		[g]	[%]						
Garten- kresse	100		BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC		
	85	15	100	100	0	0	6,9	6,9	100	100	grün	grün	keine	keine
	70	30	100	100	0	0	8	7,6	116	110	grün	grün	keine	keine
	55	45	100	100	0	0	8,7	8	126	116	grün	grün	keine	keine
Wiesen- lieschgras	100		BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC		
	85	15	100	100	0	0	6,1	6,1	100	100	grün	grün	keine	keine
	70	30	100	100	0	0	7,3	6,1	120	100	grün	grün	keine	keine
	55	45	100	100	0	0	8,4	6,8	138	111	grün	grün	keine	keine

BMK = Bäuerlicher Mischkompost

CMC = Bäuerlicher Mischkompost mit Bakterienkultur

Keimfähige Unkrautsamen, austriebsfähige Pflanzenteile 1993

CMC: Prüfung auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile

In 3 l der eingesandten Probe wurden 0 aufgelaufene Pflanzenkeimlinge festgestellt

Keimfähige Unkrautsamen, austriebsfähige Pflanzenteile 1997

BMK: Prüfung auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile

In 3 l der eingesandten Probe wurden 11 aufgelaufene Pflanzenkeimlinge festgestellt

CMC: Prüfung auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile

In 3 l der eingesandten Probe wurden 11 aufgelaufene Pflanzenkeimlinge festgestellt

Pflanzenverträglichkeitsprüfung Kompost zu Mais 1999														
	Vergleichssubstrat	Prüfsubstrat	Keimrate		Keimverzögerung		Biomasse Aufwuchs		Pflanzenfarbe		Abnormität			
	[%]	[%]	[%]		in Tagen		[g]	[%]						
Garten- kresse	100		BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC		
	85	15	100	100	0	0	8,9	8,9	100	100	grün	grün	keine	keine
	70	30	100	100	0	0	4,9	7	55	79	grün	grün	*	keine
	55	45	100	100	0	0	5,5	5	62	56	grün	grün	*	*

*) Absterben von Pflanzen drei Tage nach Aufgang

Keimfähige Unkrautsamen, austriebsfähige Pflanzenteile 1998

BMK: Prüfung auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile

In 3 l der eingesandten Probe wurde 1 aufgelaufener Pflanzenkeimling festgestellt

CMC: Prüfung auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile

In 3 l der eingesandten Probe wurden 6 aufgelaufene Pflanzenkeimlinge festgestellt

Pflanzenverträglichkeitsprüfung Kompost zu Winterweizen 2000														
	Vergleichssubstrat	Prüfsubstrat	Keimrate		Keimverzögerung		Biomasse Aufwuchs		Pflanzenfarbe		Abnormität			
	[%]	[%]	[%]		in Tagen		[g]	[%]						
Garten- kresse	100		BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC	BMK	CMC		
	85	15	100	100	0	0	5,2	5,2	100	100	grün	grün	keine	keine
	70	30	100	100	0	0	7,1	6,7	137	129	grün	grün	keine	keine
	55	45	100	100	0	0	6,4	6,7	123	129	grün	grün	keine	keine

Keimfähige Unkrautsamen, austriebsfähige Pflanzenteile 1999

BMK: Prüfung auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile

In 3 l der eingesandten Probe wurde 11 aufgelaufene Pflanzenkeimlinge festgestellt

CMC: Prüfung auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile

In 3 l der eingesandten Probe wurden 2 aufgelaufene Pflanzenkeimlinge festgestellt

3.2 Nährstoffeinträge

Die mit dem Kompost zugeführten Nährstoffeinträge sind aus Tab. 3.3 zu entnehmen.

Tabelle 3.3: N-Zufuhren 1993 -2000.

Gesamt-N-Fuhren			Variante								
			1	2	3	4	5 (a)	5b	6a	6 (b)	7
			Standard	BMK - CMC biol.	BMK - biol.	Standard	BMK - CMC	BMK		Standard	
Körnermais 1993	[kg/ha]	aus Kompost	0	170	204	0	170	170	204	204	0
	[kg/ha]	über min. N	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	[kg/ha]	Gesamt-N	0	170	204	0	170	170	204	204	0
Soja 1994	[kg/ha]	aus Kompost	0	162	302	0	162	162	302	302	0
	[kg/ha]	über min. N	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	[kg/ha]	Gesamt-N	0	162	302	0	162	162	302	302	0
Winterweizen 1995	[kg/ha]	aus Kompost	0	160	203	0	160	160	203	203	0
	[kg/ha]	über min. N	100	0	0	100	100	100	100	100	100
	[kg/ha]	Gesamt-N	100	160	203	100	260	260	303	303	100
Wintergerste 1996	[kg/ha]	aus Kompost	0	160	203	0	160	160	203	203	0
	[kg/ha]	über min. N	45	0	0	45	45	45	45	45	45
	[kg/ha]	Gesamt-N	45	160	203	45	205	205	248	248	45
Futtererbse 1997	[kg/ha]	aus Kompost	0	129	117	0	129	129	117	117	0
	[kg/ha]	über min. N	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	[kg/ha]	Gesamt-N	0	129	117	0	129	129	117	117	0
Winterraps 1998	[kg/ha]	aus Kompost	0	167	216	0	167	167	216	216	0
	[kg/ha]	über min. N	131	0	0	131	131	131	131	131	131
	[kg/ha]	Gesamt-N	131	167	216	131	298	298	347	347	131
Körnermais 1999	[kg/ha]	aus Kompost	0	174	176	0	174	174	176	176	0
	[kg/ha]	über min. N	145	0	0	145	145	145	145	145	145
	[kg/ha]	Gesamt-N	145	174	176	145	319	319	321	321	145
Winterweizen 2000	[kg/ha]	aus Kompost	0	205	228	0	205	205	228	228	0
	[kg/ha]	über min. N	141	0	0	141	141	60	60	141	60
	[kg/ha]	Gesamt-N	141	205	228	141	346	265	288	369	60
Durchschnitt 93-00	[kg/ha a]	Gesamt-N	60	160	203	60	221	221	263	263	60

Kursiv fettgedruckte Werte sind geschätzte Werte!

Gemäß Wasserrechtsgesetz 1959, BGBL Nr. 215/1959 in der Fassung BGBL Nr. 155/1999, ist die maximale bewilligungspflichtige N-Fracht von 175 kgN/ha und Jahr auf Ackerböden bzw. 210 kgN/ha und Jahr auf Grünland einzuhalten. Diese Werte wurden in den Kompostvarianten häufig überschritten, v.a. in den Varianten 5 und 6, in denen zusätzlich zum Kompost-Stickstoff noch mineralischer Stickstoff zugeführt wurde.

Auffallend waren die unterschiedlichen N-Fuhren für BMK- und CMC-Kompost, welche auf eine unterschiedliche Kompostbereitung zurückzuführen sein könnten. In Anbetracht der Werte der Bodenuntersuchungen 1998 ist anzumerken, dass sich dort zwar für die Varianten 2 und 3 leichte N-Zunahmen fanden, nicht aber für Varianten 5 und 6, welche noch größere N-Frachten aufwiesen.

Tabelle 3.4: P₂O₅-Zufuhren 1993 – 2000.

Gesamt-P ₂ O ₅ -Fuhren			Variante																				
			1			2			3			4			5			6			7		
			Standard	BMK-CMC biol.		Komp. (BMK)		Standard	BMK-CMC		BMK		Standard	BMK		BMK		Standard					
P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ CAL			
Körnermais 1993	[kg/ha]	aus Kompost	0	325	155	396	190	0	325	155	396	190	0	325	155	396	190	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-P ₂ O ₅	0	325	155	396	190	0	325	155	396	190	0	325	155	396	190	0	0	0	0	0	0
Soja 1994		aus Kompost	0	263	37	327	250	0	263	37	327	250	0	263	37	327	250	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-P ₂ O ₅	0	263	37	327	250	0	263	37	327	250	0	263	37	327	250	0	0	0	0	0	0
Winterweizen 1995		aus Kompost	0	263	100	327	164	0	263	100	327	164	0	263	100	327	164	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-P ₂ O ₅	0	263	100	327	164	0	263	100	327	164	0	263	100	327	164	0	0	0	0	0	0
Wintergerste 1996		aus Kompost	0	263	100	327	164	0	263	100	327	164	0	263	100	327	164	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	30	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Gesamt-P ₂ O ₅	30	263	100	327	164	30	293	130	357	194	30	263	100	327	164	30	0	0	0	0	30
Futtererbse 1997		aus Kompost	0	263	100	327	95	0	263	100	327	95	0	263	100	327	95	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-P ₂ O ₅	0	263	100	327	95	0	263	100	327	95	0	263	100	327	95	0	0	0	0	0	0
Winterraps 1998		aus Kompost	0	251	119	332	151	0	251	119	332	151	0	251	119	332	151	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	50	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Gesamt-P ₂ O ₅	50	251	119	332	151	50	301	169	382	201	50	251	119	332	151	50	0	0	0	0	50
Körnermais 1999		aus Kompost	0	212	91	252	132	0	212	91	252	132	0	212	91	252	132	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	60	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
		Gesamt-P ₂ O ₅	60	212	91	252	132	60	272	151	312	192	60	212	91	252	132	60	0	0	0	0	60
Winterweizen 2000		aus Kompost	0	277	124	247	125	0	277	124	247	125	0	277	124	247	125	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	40	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Gesamt-P ₂ O ₅	40	277	124	247	125	40	317	164	287	165	40	277	124	247	125	40	0	0	0	0	40
Durchschn. 1993-99	[kg/ha a]	Gesamt-P ₂ O ₅	20	263	100	327	164	20	283	120	347	184	20	263	100	327	164	20	0	0	0	20	

Kursiv fettgedruckte Werte sind geschätzte Werte!

In Tabelle 3.4 sind die P₂O₅-Zufuhren aus Kompost und mineralischem Handelsdünger berücksichtigt. Die kompostbeaufschlagten Varianten wiesen deutlich höhere P₂O₅-Zufuhren im Vergleich zu den kompostfreien Standards auf. Die P₂O₅-Fuhren für die neuen Varianten 5b und 6a unterschieden sich nicht von ihren Vorgängern 5(a) und 6(b).

Tabelle 3.5: K₂O-Zufuhren 1993 – 2000.

Gesamt-K ₂ O-Fuhren			Variante																				
			1			2			3			4			5 (a)			6 (b)			7		
			Std.	BMK-CMC biol.		BMK biol.		Std.	BMK-CMC		BMK		Std.	BMK		BMK		Std.					
K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O CAL	K ₂ O	K ₂ O CAL	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O CAL	K ₂ O	K ₂ O CAL	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O CAL	K ₂ O	K ₂ O CAL	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O CAL	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O CAL			
Körnermais 1993	[kg/ha]	aus Kompost	0	220	116	240	164	0	220	116	240	164	0	220	116	240	164	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-K ₂ O	0	220	116	240	164	0	220	116	240	164	0	220	116	240	164	0	0	0	0	0	0
Soja 1994		aus Kompost	0	269	205	330	326	0	269	205	330	326	0	269	205	330	326	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-K ₂ O	0	269	205	330	326	0	269	205	330	326	0	269	205	330	326	0	0	0	0	0	0
Winterweizen 1995		aus Kompost	0	269	162	330	210	0	269	162	330	210	0	269	162	330	210	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-K ₂ O	0	269	162	330	210	0	269	162	330	210	0	269	162	330	210	0	0	0	0	0	0
Wintergerste 1996		aus Kompost	0	269	162	330	210	0	269	162	330	210	0	269	162	330	210	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	30	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Gesamt-K ₂ O	30	269	162	330	210	30	299	192	360	240	30	269	162	330	210	30	0	0	0	0	30
Futtererbse 1997		aus Kompost	0	269	149	330	134	0	269	149	330	134	0	269	149	330	134	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gesamt-K ₂ O	0	269	149	330	134	0	269	149	330	134	0	269	149	330	134	0	0	0	0	0	0
Winterraps 1998		aus Kompost	0	306	181	381	213	0	306	181	381	213	0	306	181	381	213	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	50	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Gesamt-K ₂ O	50	306	181	381	213	50	356	231	431	263	50	306	181	381	213	50	0	0	0	0	50
Körnermais 1999		aus Kompost	0	281	158	370	213	0	281	158	370	213	0	281	158	370	213	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	60	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
		Gesamt-K ₂ O	60	281	158	370	213	60	341	218	430	273	60	281	158	370	213	60	0	0	0	0	60
Winterweizen 2000		aus Kompost	0	349	236	286	162	0	349	236	286	162	0	349	236	286	162	0	0	0	0	0	0
		über Handelsdünger	40	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Gesamt-K ₂ O	40	349	236	286	162	40	389	276	326	202	40	349	236	286	162	40	0	0	0	0	40
Durchschn. '93-'00	[kg/ha a]	Gesamt-K ₂ O	23	279	171	324	204	23	301	194	347	226	23	279	171	324	204	23	0	0	0	23	

Kursiv fettgedruckte Werte sind geschätzte Werte!

In Tabelle 3.5 sind die K₂O-Zufuhren aus Kompost und mineralischem Handelsdünger berücksichtigt. Die kompostbeaufschlagten Varianten wiesen deutlich höhere K₂O-Zufuhren im Vergleich zu den kompostfreien Standards auf. Die K₂O-Fuhren für die neuen Varianten 5b

und 6a unterschieden sich nicht von ihren Vorgängern 5(a) und 6(b).

Tabelle 3.6: Zufuhr an organischer Substanz über Kompost 1993 – 2000.

Zufuhr org. Substanz			Variante 2	Variante 3	Variante 5	Variante 6
			BMK-CMC biol.	BMK biol.	BMK-CMC	BMK
Körnermais 1993	[t/ha]	aus Kompost	3,467	3,847	3,467	3,847
Soja 1994			3,315	5,415	3,315	5,415
Winterweizen 1995			3,259	3,834	3,259	3,834
Wintergerste 1996			3,259	3,834	3,259	3,834
Futtererbse 1997			2,255	2,392	2,255	2,392
Winterraps 1998			3,220	3,755	3,220	3,755
Körnermais 1999			4,039	3,758	4,039	3,758
Winterweizen 2000			4,050	4,008	4,050	4,008
Summe 93-00	[t/ha]		26,865	30,843	26,865	30,843
Durchschn. 93-00	[t/ha a]	OS	3,358	3,855	3,358	3,855

Kursiv fettgedruckte Werte sind Schätzwerte!

Die organische Substanz wurde aus dem Glühverlust errechnet (bezogen auf Trockensubstanz)

Die organische Substanz wurde in diesem Fall dem Glühverlust der Komposte gleichgesetzt. Wenn es auch einige Diskrepanzen zwischen org. Substanz und Glühverlust gibt, ist für diese Zwecke eine Gleichsetzung angebracht. Nicht berücksichtigt sind C-Einträge durch das Belassen von Ernterückständen oder Gründüngungen. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass 1994 vor der Sojabohne auf Var. 2 (BMK-CMC biol.) und Var. 3 (BMK biol.) Grünroggen angebaut und „eingetillert“ wurde und dass 1997 vor der Futtererbse eine abfrostende Winterbegrünung (Senf) auf allen 7 Varianten erfolgte.

Jeweils ca. 27 bis 31 Tonnen org. Substanz wurden den Kompostvarianten im Laufe von 8 Jahren zugeführt, das entspricht Durchschnittswerten von 3,4 bis 3,9 t/ha und Jahr. Die CMC-Varianten wiesen die geringere C-Fracht auf. Die Fuhren für die neuen Varianten 5b (BMK-CMC red. Min.) und 6a (BMK red. Min.) unterschieden sich nicht von ihren Vorgängern 5(a) (BMK-CMC) und 6(b) (BMK).

Tabelle 3.7: CaO-Zufuhr über Kompost 1993 – 2000.

CaO-Fuhren			Variante 2	Variante 3	Variante 5	Variante 6
			BMK-CMC biol.	BMK biol.	BMK-CMC	BMK
Körnermais 1993	[kg/ha]	aus Kompost	702	1167	702	1167
Soja 1994			951	1349	951	1349
Winterweizen 1995			968	1306	968	1306
Wintergerste 1996			968	1306	968	1306
Futtererbse 1997			840	1306	840	1306
Winterraps 1998			968	1076	968	1076
Körnermais 1999			1377	1629	1377	1629
Winterweizen 2000			2862	2014	2862	2014
Summe '93-'00			9637	11152	9637	11152
Durchschn. '93-'00	[kg/ha a]	CaO	1205	1394	1205	1394

Kursiv fettgedruckte Werte sind Schätzwerte!

1993 – 2000 wurden erhebliche Mengen CaO auf den Kompostvarianten aufgebracht, s. Tab. 3.7. Auch hier liegen die CMC-Varianten niedriger als die BMK-Varianten. Durchschnittlich wurden jährlich 1,2 – 1,4 t CaO/ha ausgebracht. Die CaO-Fuhren für die neuen Varianten 5b (BMK-CMC red. Min.) und 6a (BMK red. Min.) unterschieden sich nicht von ihren Vorgängern 5(a) (BMK-CMC) und 6(b) (BMK).

3.3 Schwermetalleinträge

Die mit den Komposten eingebrachten Schwermetalle sind aus den Tab. 3.8 und 3.9 ersichtlich.

Tabelle 3.8: Schwermetallfuhren 1993 – 2000.

über Kompost (bezogen auf 30 % GV)	BMK-CMC biol.							BMK biol.						
	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd	Hg
	[g/ha]							[g/ha]						
Körnermais 1993	1122	4090	561	597	253	3.6	1.1	1079	4579	474	507	360	9.6	3.3
Soja 1994	1247	4392	362	464	667	4.6	1.4	1764	6271	392	463	249	7.5	0.2
Winterweizen 1995	1005	4114	466	571	397	5.5	1.2	1176	4889	454	610	429	8.2	1.5
Wintergerste 1996	1005	4114	466	571	397	5.5	1.2	1176	4889	454	610	429	8.2	1.5
Futtererbse 1997	767	2987	291	384	244	5.2	1.2	769	3165	283	362	260	4.5	1.1
Winterraps 1998	751	4109	397	553	340	7.5	1.0	970	4928	431	570	277	9.2	1.1
Körnermais 1999	1030	4524	626	808	565	6.7	1.4	1239	5163	578	847	640	10.9	1.7
Winterweizen 2000	1115	4584	558	620	310	5.2	1.2	1232	5231	565	909	788	7.5	1.8
Summe 1993-2000	8042	32914	3726	4566	3173	44	10	9404	39116	3632	4876	3432	66	12
Durchschn./a '93-'00	1005	4114	466	571	397	5.5	1.2	1176	4889	454	610	429	8.2	1.5
Grenzw. DMVO 1994 ¹⁾	1250*	5000*	750*	1250*	1250*	20*	20*	1250*	5000*	750*	1250*	1250*	20*	20*
OÖ. Bodengrenzwert VO ²⁾	360	1200	100	300	400	6.0	1.5	360	1200	100	300	400	6.0	1.5
	Variante 5 BMK-CMC							Variante 6 BMK						
	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd	Hg
	[g/ha]							[g/ha]						
Körnermais 1993	1122	4090	561	597	253	3.6	1.1	1079	4579	474	507	360	9.6	3.3
Soja 1994	1247	4392	362	464	667	4.6	1.4	1764	6271	392	463	249	7.5	0.2
Winterweizen 1995	1005	4114	466	571	397	5.5	1.2	1176	4889	454	610	429	8.2	1.5
Wintergerste 1996	1005	4114	466	571	397	5.5	1.2	1176	4889	454	610	429	8.2	1.5
Futtererbse 1997	767	2987	291	384	244	5.2	1.2	769	3165	283	362	260	4.5	1.1
Winterraps 1998	751	4109	397	553	340	7.5	1.0	970	4928	431	570	277	9.2	1.1
Körnermais 1999	1030	4524	626	808	565	6.7	1.4	1239	5163	578	847	640	10.9	1.7
Winterweizen 2000	1115	4584	558	620	310	5.2	1.2	1232	5231	565	909	788	7.5	1.8
Summe 1993-2000	8042	32914	3726	4566	3173	44	10	9404	39116	3632	4876	3432	66	12
Durchschn./a '93-'00	1005	4114	466	571	397	5.5	1.2	1176	4889	454	610	429	8.2	1.5
Grenzw. DMVO 1994 ¹⁾	1250*	5000*	750*	1250*	1250*	20*	20*	1250*	5000*	750*	1250*	1250*	20*	20*
Grenzw. dt. BBodSchV ²⁾	360	1200	100	300	400	6.0	1.5	360	1200	100	300	400	6.0	1.5

Kursiv fettgedruckte Werte sind Schätzwerte!

¹⁾ Grenzwerte österreichische Düngemittelverordnung 1994

* g/ha im Zeitraum von 2 Jahren

²⁾ Frachtgrenzen der OÖ. Bodengrenzwert VO (LGBL Nr. 50/2006)

Tabelle 3.9: Schwermetallgehalte 1993 – 2000. (Grenzwerte nach der in den Jahren der Kompostausbringung geltenden ÖNORM 2200).

Grenzwerte lt. ÖNORM S2200			1993				1994				1997				1998			
Parameter	GW		BMK-CMC		BMK		BMK-CMC		BMK		BMK-CMC		BMK		BMK-CMC		BMK	
	Kl. I	Kl. II																
GV [% TS]			15.9	20.7	19.9	30.7	16.3	18.2	20	21.7								
f (GV30)			0.83	0.88	0.87	1.01	0.84	0.86	0.88	0.89								
			SM	AMB [t]	SM	AMB	SM	AMB	SM	AMB	SM	AMB	SM	AMB	SM	AMB	SM	AMB
Cu	70	100	51	58	75	40.1	100	30.0	55	58	46	56	285	31.6				
Zn	210	400	188	48.0	246	36.5	264	34.1	356	25.3	216	41.7	241	37.4	254	35.5	285	31.6
Ni	42	60	26		26		22		22		21		22		25		25	
Cr	70	70	27		27		28		26		28		28		34		33	
Pb	70	150	12		19		40		14		18		20		21		16	
Cd	0.7	1	0.2		0.5		0.3		0.4		0.4		0.3		0.5		0.5	
Hg	0.7	1	0.05		0.2		0.1		0.01		0.1		0.1		0.1		0.1	
tats. Ausbring.	t Kompost TS/ha * a		21.8		18.6		16.7		17.6		13.7		13.1		16.1		17.3	

	1999				2000				BG mg/kg l.tr.Bd.
	BMK-CMC		BMK		BMK-CMC		BMK		
GV [% TS]	20		18.2		18		16.7		
f (GV30)	0.88		0.86		0.85		0.84		
	SM	AMB	SM	AMB	SM	AMB	SM	AMB	
Cu	45		52	41.9	46		51	41.4	100
Zn	196		215		189		218		300
Ni	27		24		23		24		60
Cr	35		35		26		38		100
Pb	25		27		13		33		100
Cd	0.3		0.5		0.2		0.3		1
Hg	0.1		0.1		0.1		0.1		1
tats. Ausbring.	20.2		20.7		22.5		24.0		

Schwermetalle werden auf 30 % GV bezogen:

Gehalt zum aktuellen Schwermetallgehalt * f (GV30)

f (GV30) = 70/(100-GV)

AMB = Aufwandmengenbeschränkung in t Kompost TS/ha * a

(trifft nur zu, wenn Qualitäten der Kompostklasse II vorliegen)

Aufwandmenge wird berechnet auf 3000 t Oberboden/ha (20 cm Tiefe, r = 1.5 g/cm³)

Aufwandmenge = (30 * BG)/SM [t Kompost TS/ha * a]

GW = Grenzwert

GV = Glühverlust

BG = Bodengrenzwert (gemäß öö. Klärschlamm-, Müll- und Klärschlammkompostverordnung 1993)

SM = Schwermetallgehalt bezogen auf 30 % GV ([mg/kg TS])

Keine Aufwandmengenbeschränkung (AMB) für Komposte mit Schwermetallklasse I

Die zulässigen Frachten auf Ackerland lt. Düngemittelverordnung liegen bei 1.250 g/ha Blei, Chrom oder Kupfer, 20 g/ha Cadmium oder Quecksilber, 750 g/ha Nickel und 5.000 g/ha Zink jeweils in einem Zeitraum von 2 Jahren. Das bedeutet, dass die Elemente Cu und Zn diese Frachten permanent, Ni den Grenzwert sporadisch überschritten (Grund dafür: Aufstallungssystem und Schweinemist). Betrachtet man die strengeren Grenzwerte der bundesdeutschen Bodenschutz- und Altlastenverordnung, so überschritten neben Cu, Zn und Ni auch Cr, Pb, und Cd die zulässigen jährlichen Frachten häufig.

3.4 Bodenprofiluntersuchungen

Tabelle 3.10: Ergebnisse der 3 Bodenprofiluntersuchungen vom 15. Juni 1993.

Profil	Tiefe [cm]	pH (CaCl ₂)	CaCO ₃ [%]	N [%]	C/N	Humus [%]	Humuszahl	P ₂ O ₅ [mg/100 g]	K ₂ O [mg/100 g]
1	0 - 20	7.0	<0,5	0.18	6.1	1.9	5	29	23
	20 - 40	7.1	<0,5	0.10	5.8	1.0	5	8	12
	40 - 60	7.1	0	0.06	4.8	0.5	2	1	8
2	0 - 20	7.1	0.6	0.14	7.9	1.9	7	39	16
	20 - 40	7.2	1.5	0.12	5.8	1.2	5	18	11
	40 - 60	7.2	<0,5	0.06	4.8	0.5	2	4	6
3	0 - 20	7.2	2.9	0.14	8.3	2.0	7	30	20
	20 - 40	7.2	2.9	0.14	7.0	1.7	6	28	16
	40 - 60	7.3	<0,5	0.05	5.8	0.5	2	1	4

Tabelle 3.10 gibt die Ergebnisse der bodenkundlichen Basisuntersuchungen wieder. Die Profile wurden nach Tiefenstufen (0-20, 20-40, 40-60 cm) beprobt, die nicht immer mit den genetischen Horizonten identisch waren. Zur Zeit der Profilbeschreibung wurde als Ausgangssubstrat „lehmige Deckschichten“ angegeben. Diese wurden bei der Profilsprache tiefenmäßig nicht freigelegt. Die tiefste Stufe bei allen 3 Profilen lag bei 40-60 cm, also noch im pseudovergleyten B- Horizont der Braunerde. Das Ausgangsmaterial wurde somit nicht untersucht. All dies ist bei der Interpretation der Profilergebnisse zu berücksichtigen. Die Werte von pH, N, Humus, deuten zunächst auf eine relativ gute Homogenität des Standortes hin. Typisch waren die Abnahme mit der Tiefe von N-Kjeldahl und Humus. Allerdings deuteten die CaCO₃-Werte dagegen auf eine Inhomogenität des Versuchfeldes hin. Der Grund dafür dürfte weniger das Ausgangsmaterial sein, das eben nicht untersucht wurde, sondern eine inhomogene, ungleichmäßige Kalkung des Solums vor Versuchsbeginn. Dafür spricht die deutliche Abnahme des Carbonatgehaltes nach unten, eine Funktion die im Normalfall bei carbonathältigen Böden genau umgekehrt verläuft. Alle 3 Profile wiesen ähnliche Werte auf, einzig Profil 3 zeichnet sich durch einen deutlich höheren CaCO₃-Gehalt aus. Bei allen 3 Profilen handelte es sich um pseudovergleyte Lockersediment-Braunerden mit der Bodenart Schluff oder lehmiger Schluff.

3.5 Bodenkundliche Parameter

1993, 1998 und 2002 wurden bodenphysikalische, -chemische und -mikrobiologische Parameter analysiert. Die Ergebnisse sind in den folgenden Diagrammen dargestellt.

3.5.1 Bodenphysikalische Parameter

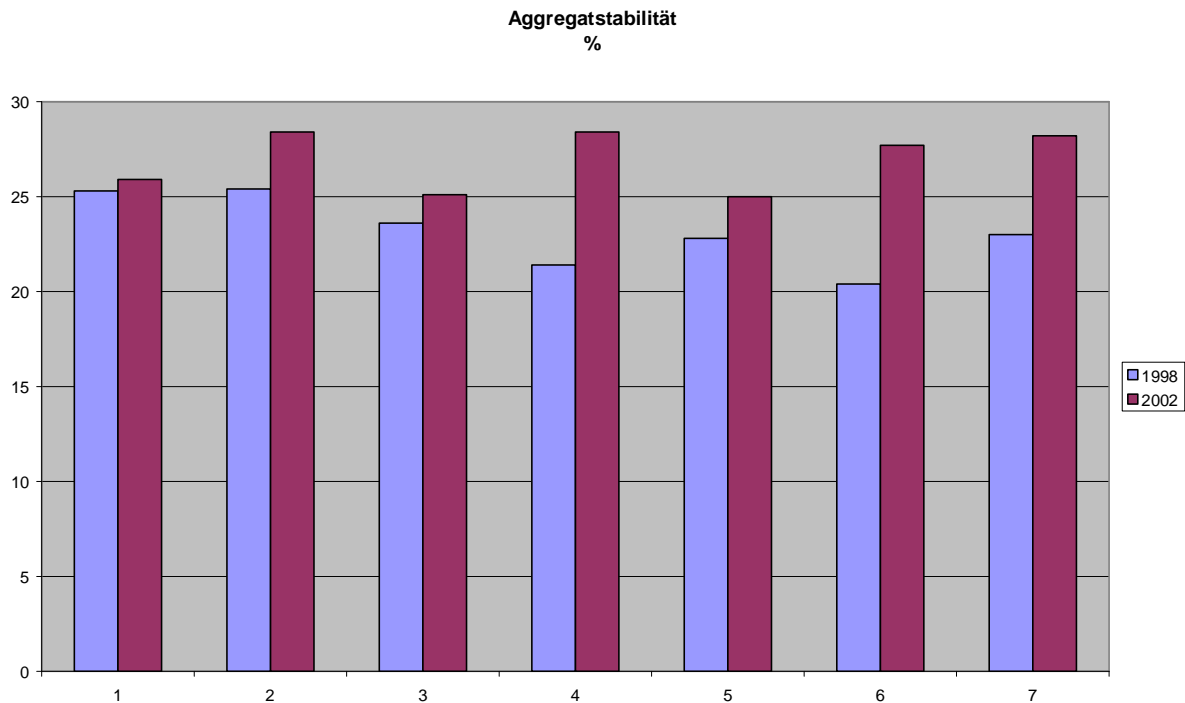


Abbildung 3.1: Aggregatstabilität (Boden) im Vergleich 1998/2002.

Die Aggregatstabilität ist ein Maß für die Widerstandskräfte der Aggregate, die diese der mechanischen Beanspruchung, z. B. durch Regentropfen und Befahren, entgegensetzen können. Die wichtigsten stabilisierenden Faktoren sind v.a. Huminstoffe – sie bewirken eine vermehrte Bildung von Schleimstoffen durch Mikroorganismen, Carbonate, Ton-Humus-Komplexe und Fe-Oxide, Die Aggregatstabilität ist ein wesentlicher Faktor zur Verminderung des Erosionspotentials. Mit stabilen Aggregaten ist eine verbesserte Porosität, Wasserkapazität, gute Gefügebildung, und eine erhöhte mikrobielle Aktivität verbunden.

Die Untersuchungen zur Aggregatstabilität wurden von Ing. Johann Wahlmüller (1993) bzw. vom Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen (1998) durchgeführt. Abbildung 3.1 zeigt bei allen Parzellen eine deutliche Zunahme der Aggregatstabilität von 1998 zu 2002, auch in den Standards 4 und 7. Das kann durch die Zunahme des Humusgehaltes erklärt werden, siehe Abb. 10. Ferner ist aus der Literatur bekannt, dass die Aggregate grundsätzlich mit der Zeit oft stabiler werden, weil die

Bindungskräfte zwischen den Teilchen stärker werden. Der Vergleich zwischen biologischem und nicht biologischen Varianten bringt dagegen keine Unterschiede, ebenso wenig die Zugabe von CMC-Bakterienpräparat.

3.5.2 Bodenchemische Parameter

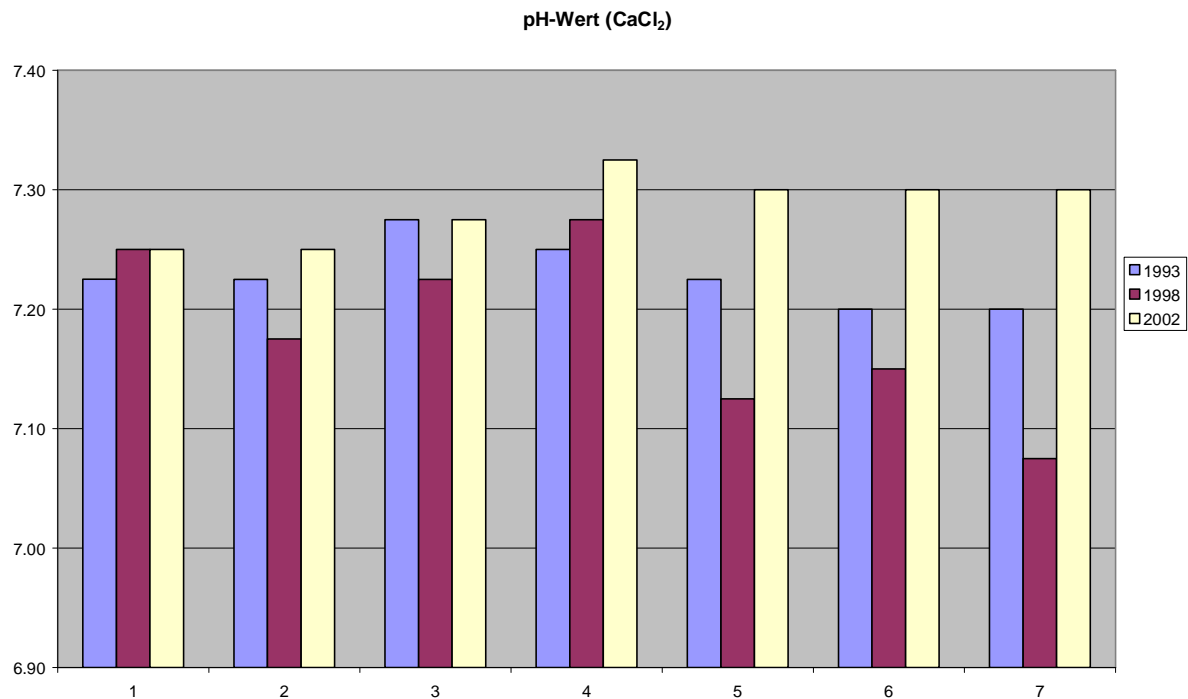


Abbildung 2.2: pH Werte (Boden) im Vergleich 1993/1998/2002 .

Hinsichtlich pH-Wert gab es einen sehr inhomogenen Verlauf, siehe Abb. 3.2. Insgesamt sind alle Parzellen im neutralen bis leicht alkalischen Bereich, das ist sicher durch die Kalkung begründet, allerdings ergab sich über die Jahre ein uneinheitlicher Verlauf.

Bis auf die Standards 1 und 4, die stetig zunahmen, gab es 1998 in allen Kompostparzellen eine deutliche Abnahme. Dies ist schwer zu erklären, weil im selben Jahr eine deutliche Zunahme des Carbonatgehaltes gab, speziell in den biologischen Parzellen. Umgekehrt, am Ende des Versuches (2002) stiegen die pH-Werte in allen Parzellen über die Anfangswerte (1993), während die Carbonatgehalte in den Parzellen 1 bis 4 abnahmen, siehe Abb. 3.3.

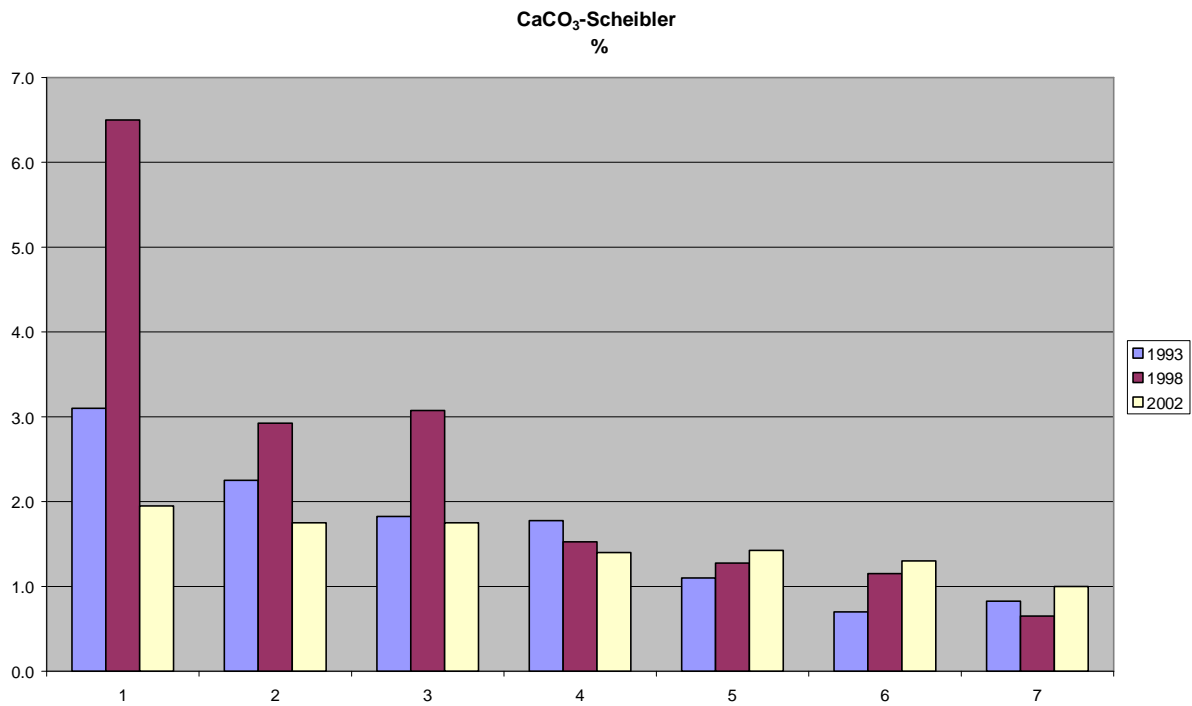


Abbildung 3.3: CaCO₃-Gehalt im Boden im Vergleich 1993/1998/2002.

Der CaCO₃-Gehalt zeigte eine deutliche Inhomogenität des Versuchsfeldes, s. Abb. 3.3. Die straßenseitig gelegenen Parzellen (1 – 3 oder 4) zeigten deutlich höhere Gehalte sowohl im Jahr 1993 als auch 1998. Der Verlauf über die Jahre ist im Zusammenhang mit dem pH-Werten widersprüchlich und schwer zu interpretieren.

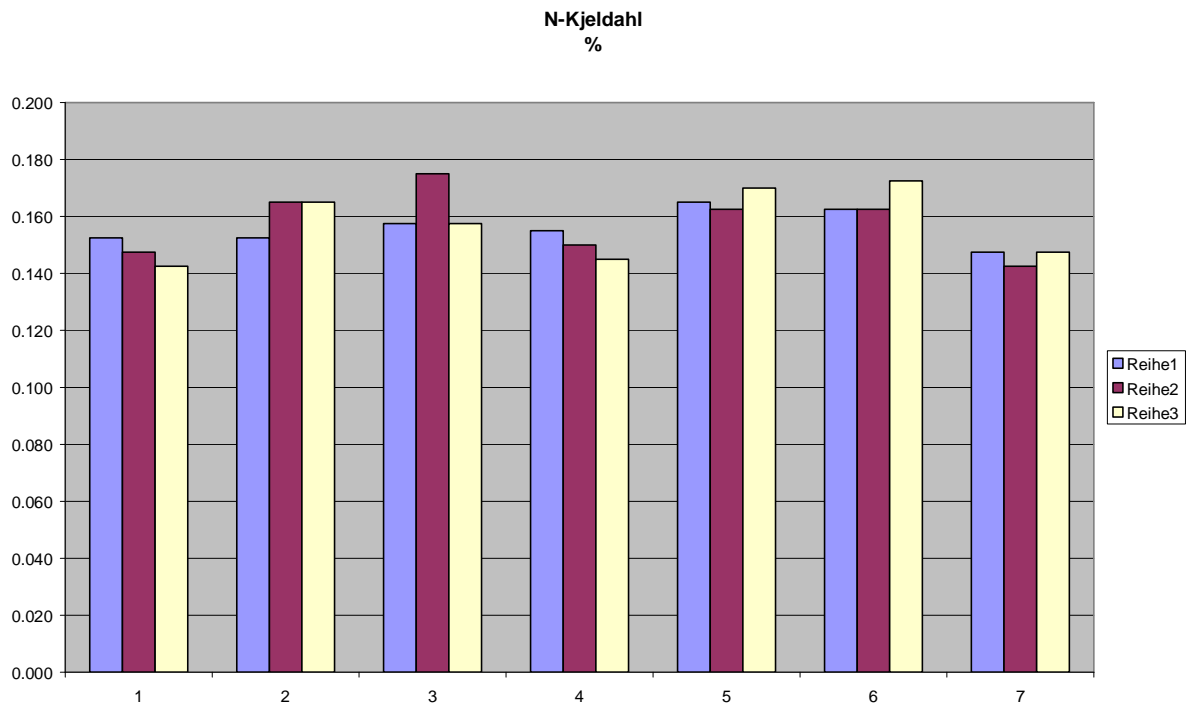


Abbildung 3.4: N_{Kjeldahl} (Boden) im Vergleich 1993/1998/2002.

Die Gehalte an N-Kjeldahl sind aus Abb. 3.4 ersichtlich. Insgesamt sind die N-Gehalte nach 10 Jahren mehr oder minder gleich geblieben, und zwar auf gleicher Höhe für alle Parzellen. Die biologischen Kompostvarianten lagen im Durchschnitt über dem Niveau der Standards. Die nicht biologischen Kompostvarianten schnitten im Durchschnitt etwas besser ab als die biologischen. Das dürfte durch die mineralischen N-Düngung zu erklären sein. Dagegen brachte der Einsatz von CMC-Bakterien keinen sichtbaren Erfolg.

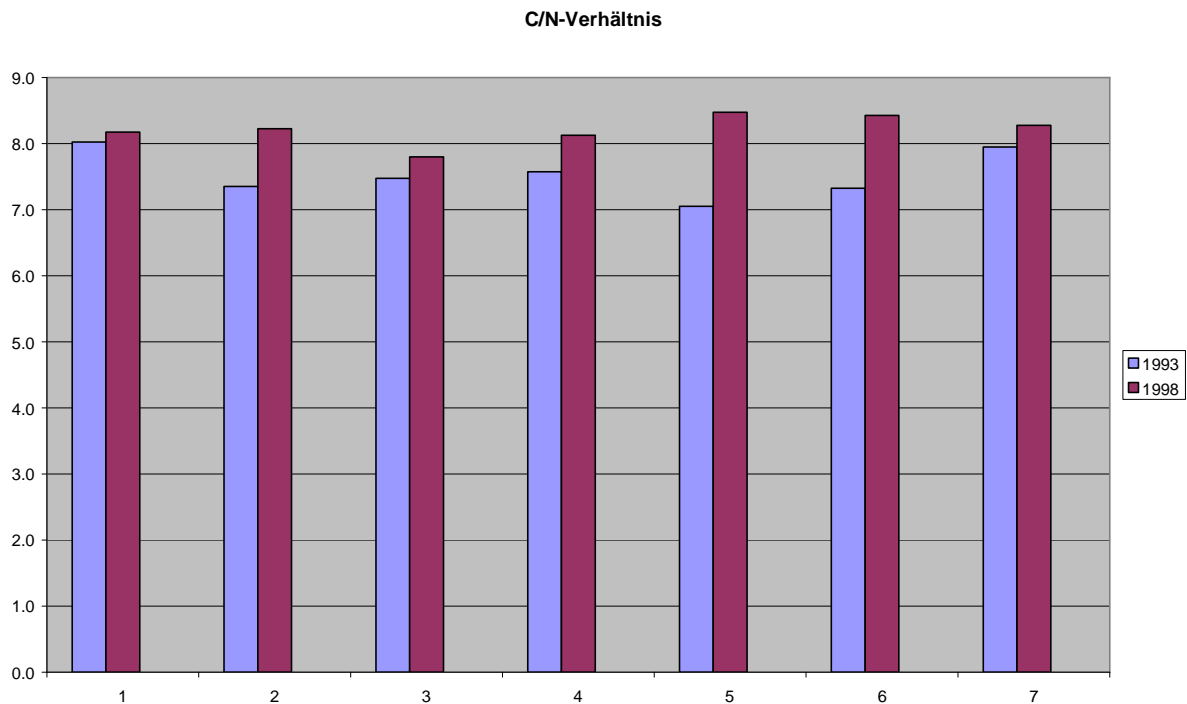


Abbildung 3.5: C/N-Verhältnisse (Boden) im Vergleich 1993/1998.

Das C/N-Verhältnis des Bodens ist negativ korreliert mit der N-Verfügbarkeit. Ein ausgeglichenes C/N-Verhältnis ist unabdingbar für eine ausreichende N-Versorgung. Bei einem zu weiten C/N-Verhältnissen kann es zur N-Immobilisierung kommen und die Nachlieferung über die Mineralisierung nimmt ab.

Auch für die C/N-Verhältnisse zeigte sich ein ähnliches Bild wie für N: eine sichtliche Steigerung nach 5 Jahren für alle Parzellen, s. Abb. 3.5. Eine bei langjähriger Kompostdüngung durchaus zu erwartende Entwicklung hin zu einem weiteren C/N-Verhältnis blieb aus. Allerdings lagen die Werte am Ende des Versuches knapp unter 8 immer noch im unteren Bereich eines sogenannten „ausgeglichenes“ C/N-Verhältnisses, das eher bei 9 (bis 11) anzusetzen wäre (Husz, 1999). Ein C/N-Verhältnis um 8 deutet auf starke Neigung zur N-Mobilisierung hin. Böden mit einem C/N-Verhältnis um 8 weisen daher bei günstigen Verhältnissen (feucht, gut durchlüftet, abbaubare organische Substanz wie z. B. frische Ernterückstände oder mineralische N-Düngung) erhöhte N-Verfügbarkeit auf. Fehlt die Durchlüftung kann es auch zu verstärkter Denitrifizierung und N₂O-Ausgasung kommen. C/N-Verhältnisse über 11 führen zu N-Immobilisierung. Selbstverständlich sind diese Faustzahlen abhängig von lokalen Standortbedingungen (Humushaushalt, klimatische Bedingungen, mikrobielle Aktivität, Durchlüftung, Bodenwasserhaushalt, etc.).

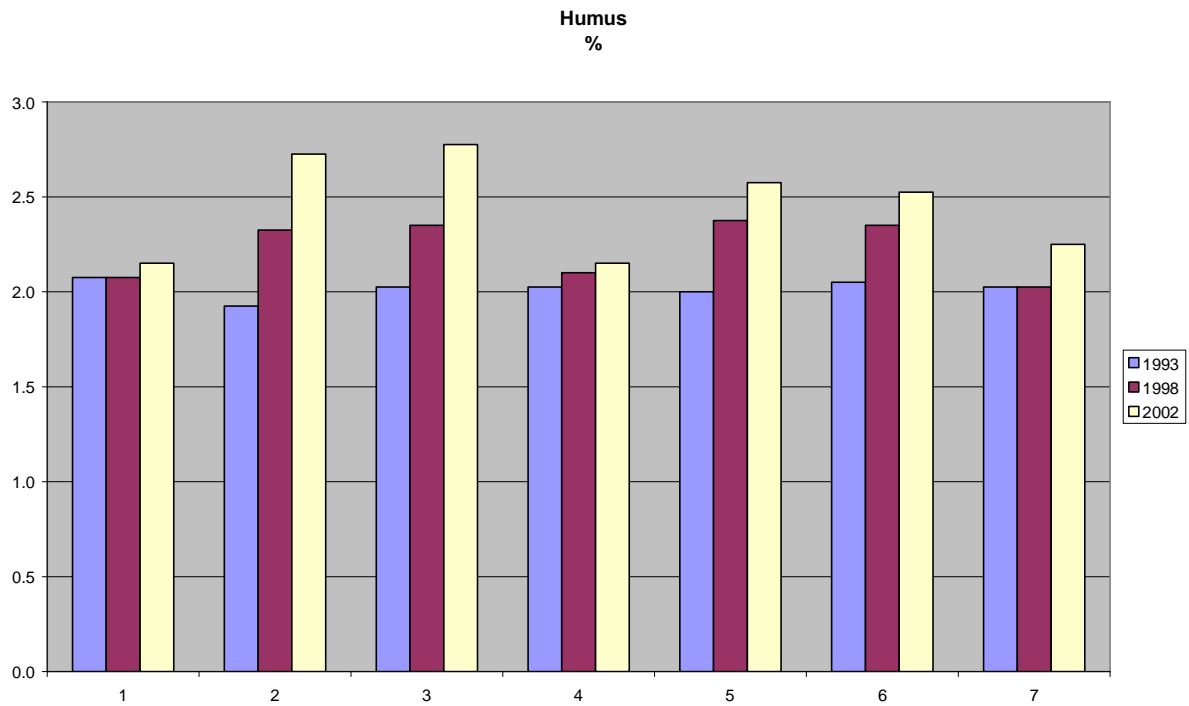


Abbildung 3.6: Humusgehalte im Boden im Vergleich 1993/1998/2002.

Die Standards blieben weitgehend unverändert, während es in den Kompostvarianten deutlich stetige Zunahmen gab, siehe Abb. 3.6. Die Steigerungen betragen bis zu 1,5 %-Punkte Humus. Ein Vergleich zwischen biologischen und nicht biologischen Kompostparzellen zeigt, dass die rein biologischen Varianten, also ohne zusätzliche NPK-Mineraldüngung, längerfristig mehr zur Erhaltung bzw. Steigerung der Humusgehalte beitragen. Der Entzug von EMC-Bakterien bei der Kompostierung hatte keine sichtbaren Auswirkungen.

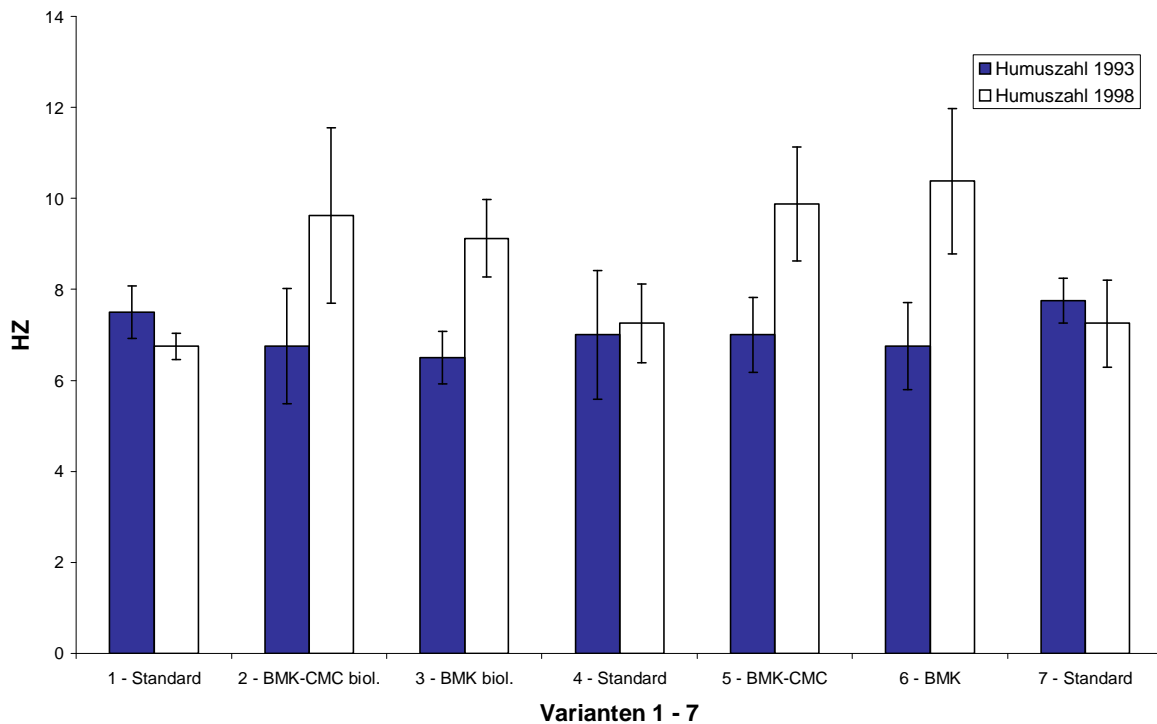


Abbildung 3.7: Humuszahl nach Lübke (Boden) im Vergleich 1993/1998 (Standardabweichung in I-Symbolen).

Der mit dieser Methode bestimmte Humuswert wird nicht in Prozenten angegeben. Diese Humuszahlen entsprachen den Tendenzen der Humusgehalte in %, siehe Abb. 3.7, wonach der Komposteinsatz deutlich zur Humusanreicherung führt. Die EDTA löslichen Huminanteile in der Bodenprobe werden schonend extrahiert und der Auszug mit genau geeichten Farbwerten verglichen. Der Farbwert zeigt eine Beziehung zwischen den humifizierten und noch nicht humifizierten organischen Substanzen. Genauere Angaben zur Methode sind dem Anhang entnehmbar.

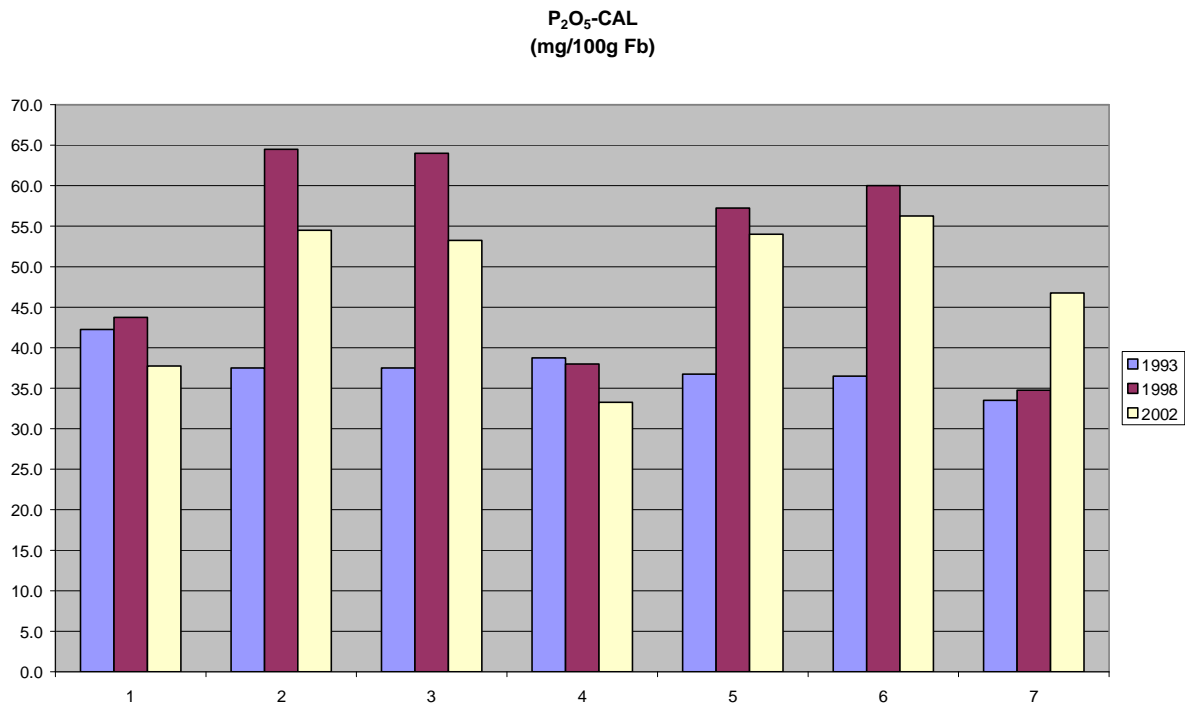


Abbildung 3.8: P₂O₅CAL (Boden) im Vergleich 1993/1998/2002.

P₂O₅-CAL ist der pflanzenverfügbare Phosphor und stellt damit nur einen Teil des Gesamtphosphorgehaltes dar. Es muss angemerkt werden, dass bereits am Versuchbeginn alle Parzellen nach den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“, 5. Auflage (BMFLUW, 1999) hoch versorgt waren („D“). Abb. 3.8 zeigt deutlich, dass der Einsatz von Kompost durch die hohen P-Frachten den P₂O₅-Ghalt in die Klasse „E“ = sehr hoch geführt hat, wobei die allgemeine Abnahme von 2002 nicht restlos erklärbar ist und eher auf Laborfehler hindeutet. Der Vergleich der Kompostvarianten zeigt bessere Werte bei biologischer Bewirtschaftung. Auch für diesen Bodenparameter schien der Einsatz von CMC-Bakterien bei der Kompostierung wirkungslos.

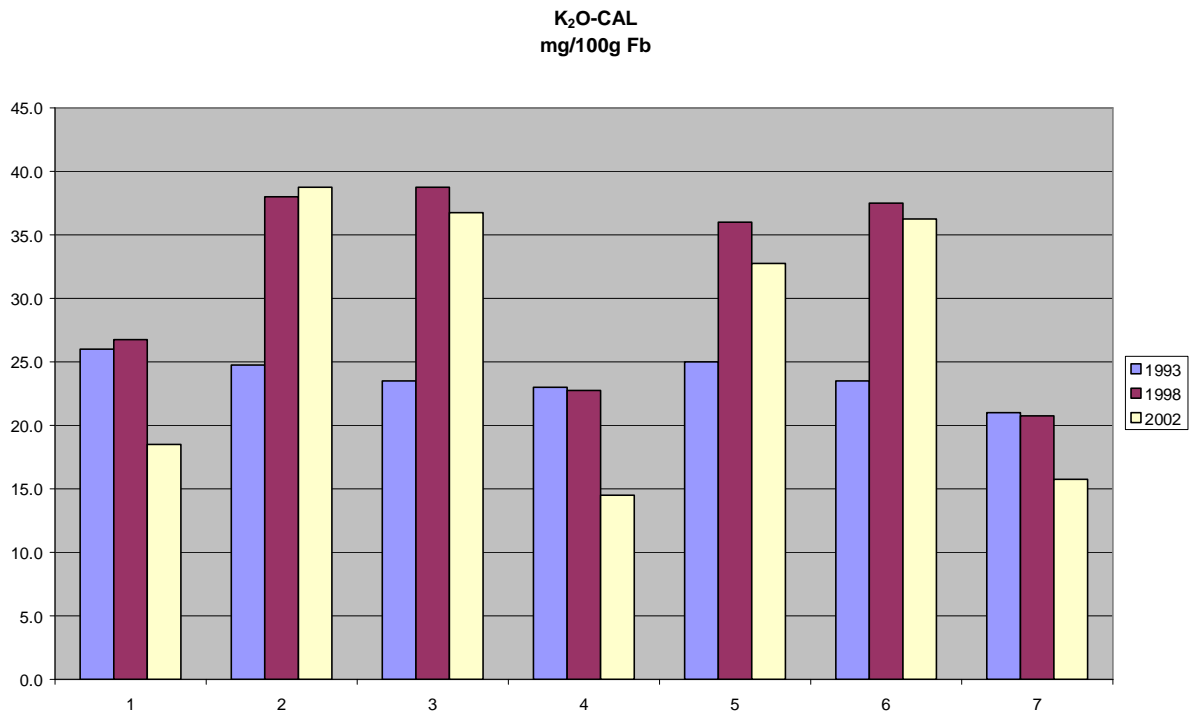
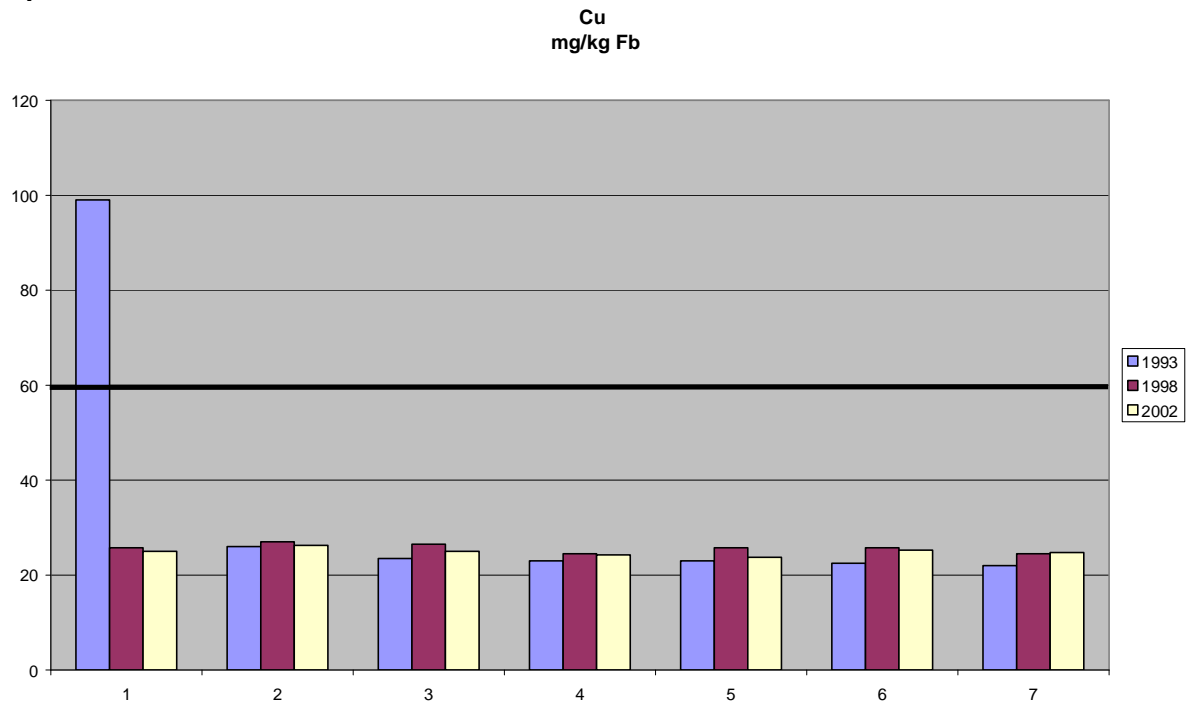


Abbildung 3.9: K₂O-CAL (Boden) im Vergleich 1993/1998/2002.

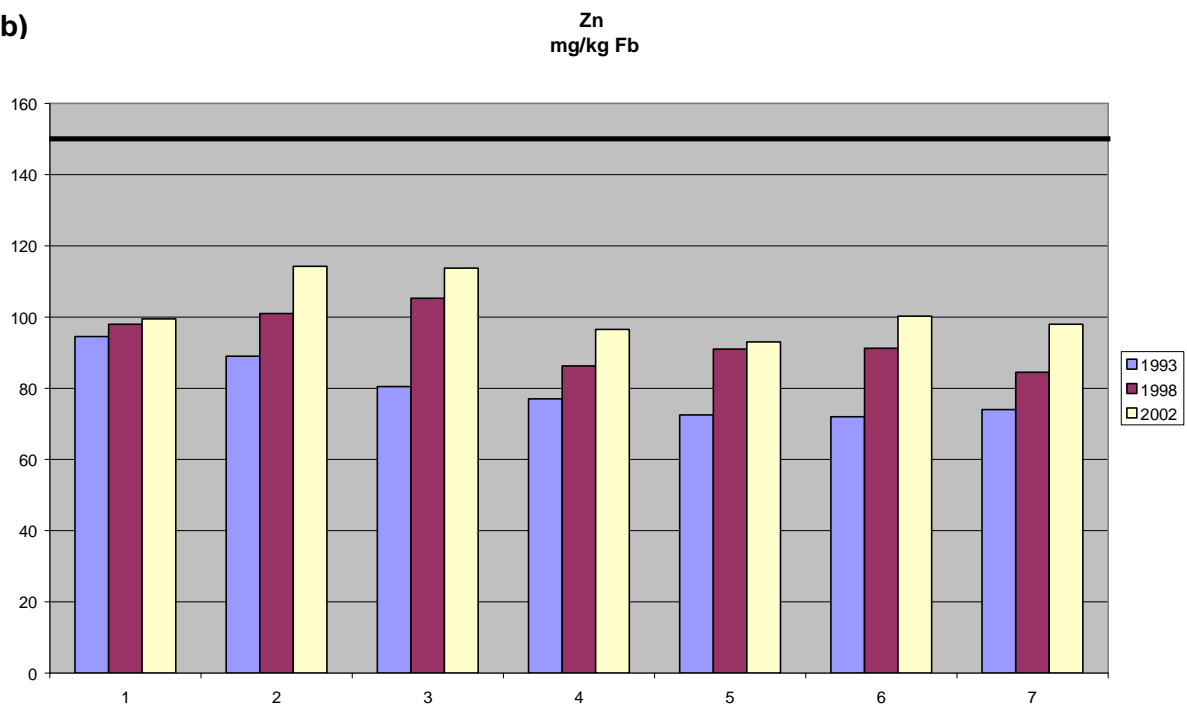
K₂O-CAL ist der pflanzenverfügbare Anteil des Kaliums, und stellt damit einen Teil des Gesamt-Kaliumgehaltes dar. Es ergab sich ein analoges Bild wie für Phosphor. Deutliche Zunahmen waren in den Kompostvarianten 2, 3, 5 und 6 zu verzeichnen, die Standards gingen deutlich zurück, vgl. Abb. 3.9.

Die folgenden Abbildungen 3.10a-c bzw. 3.10d-g zeigen einen Vergleich der Schwermetallgehalte 1993 und 1998 wieder.

a)



b)



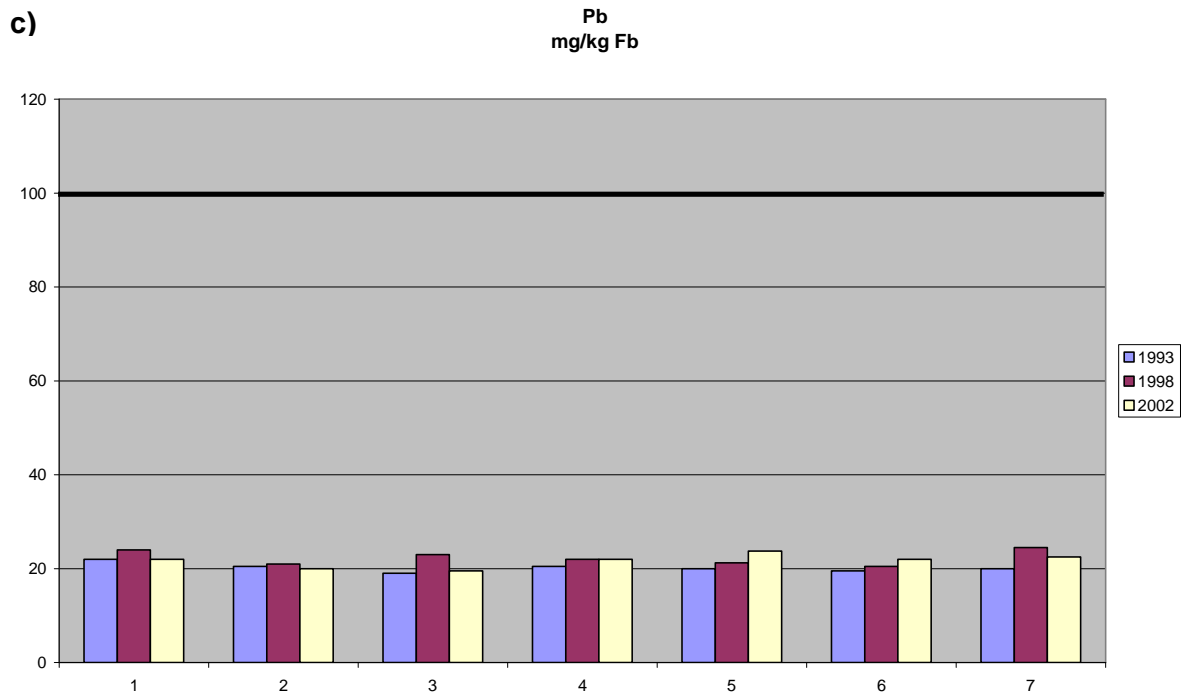
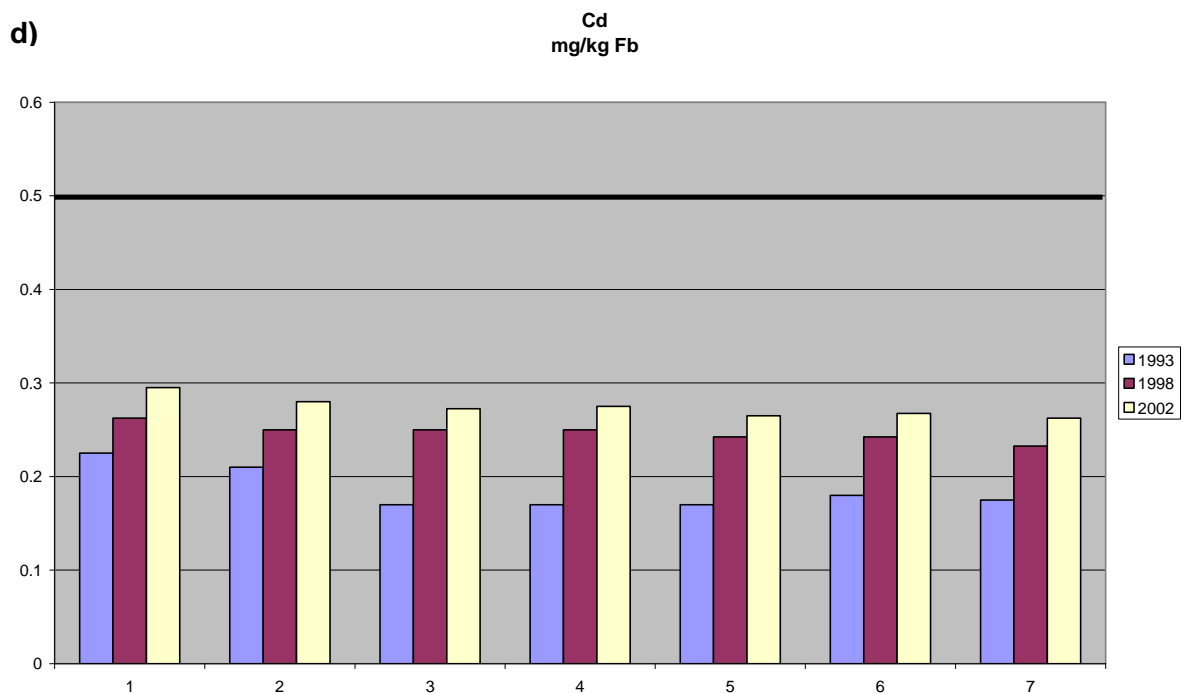
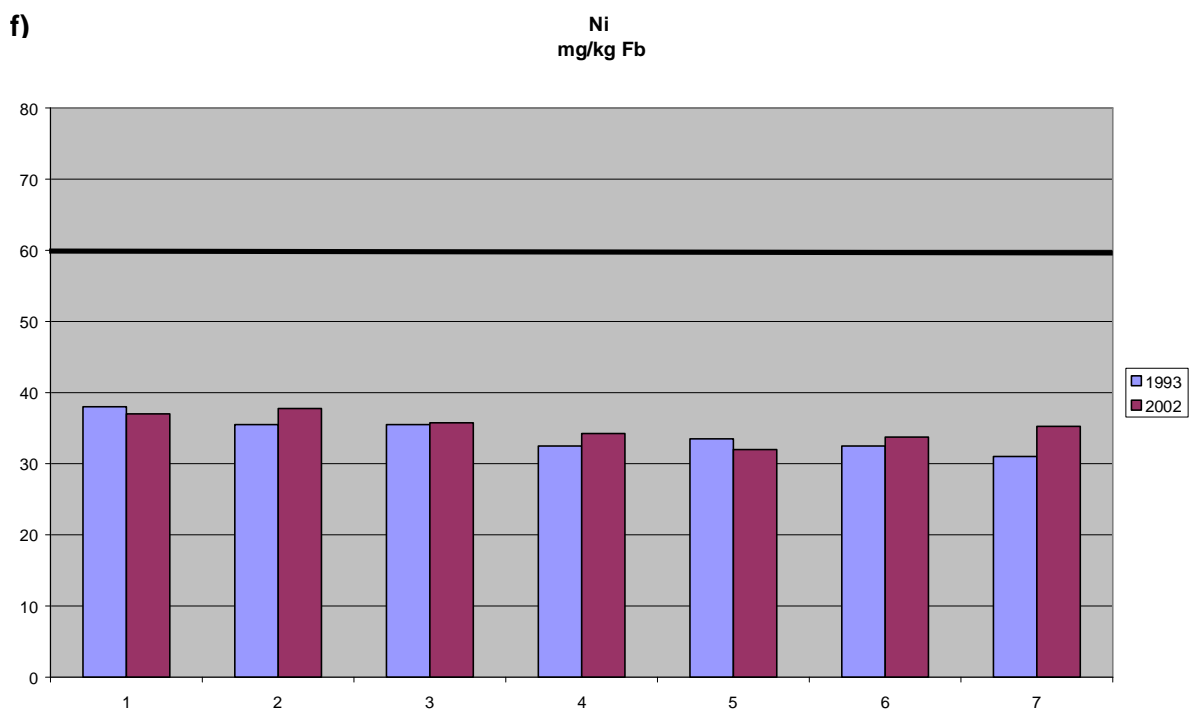
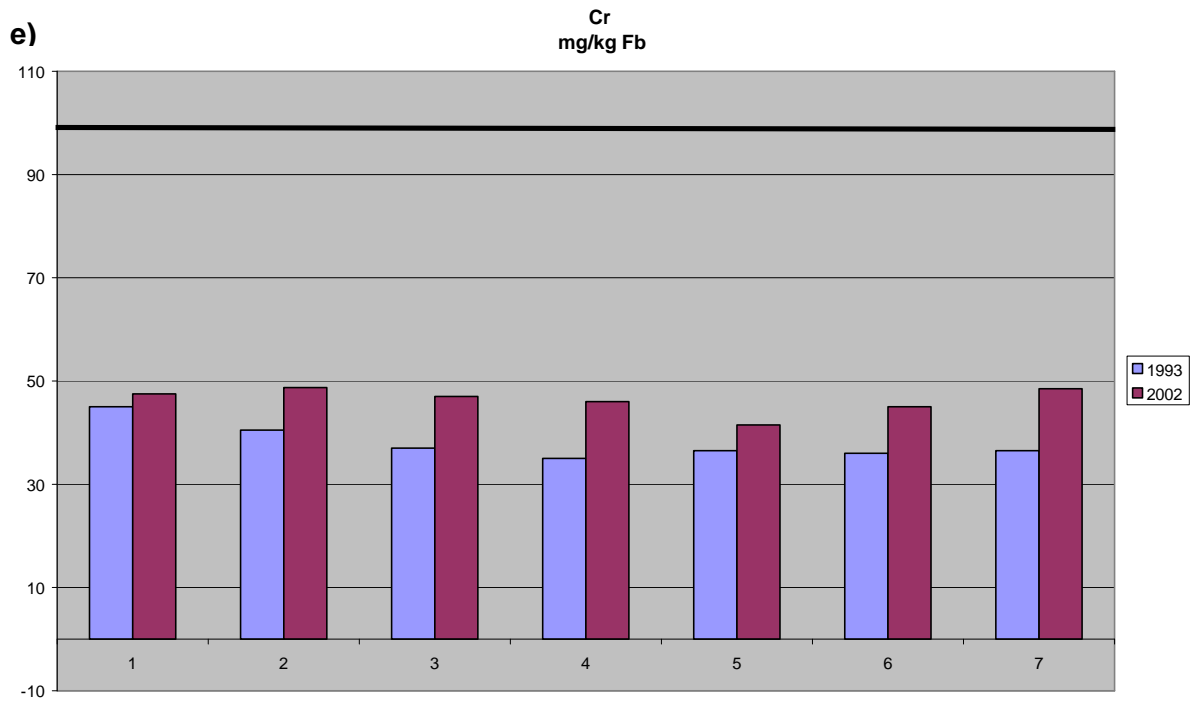


Abbildung 3.10 a-c: Mittelwerte (MW) der Schwermetallgehalte Cu, Zn, Pb im Boden im Vergleich 1993/1998/2002. (Schwarze Linie = Vorsorgewert gemäß § 1 der OÖ-Bodengrenzwert VO, LGBL Nr. 100/2005)





g)

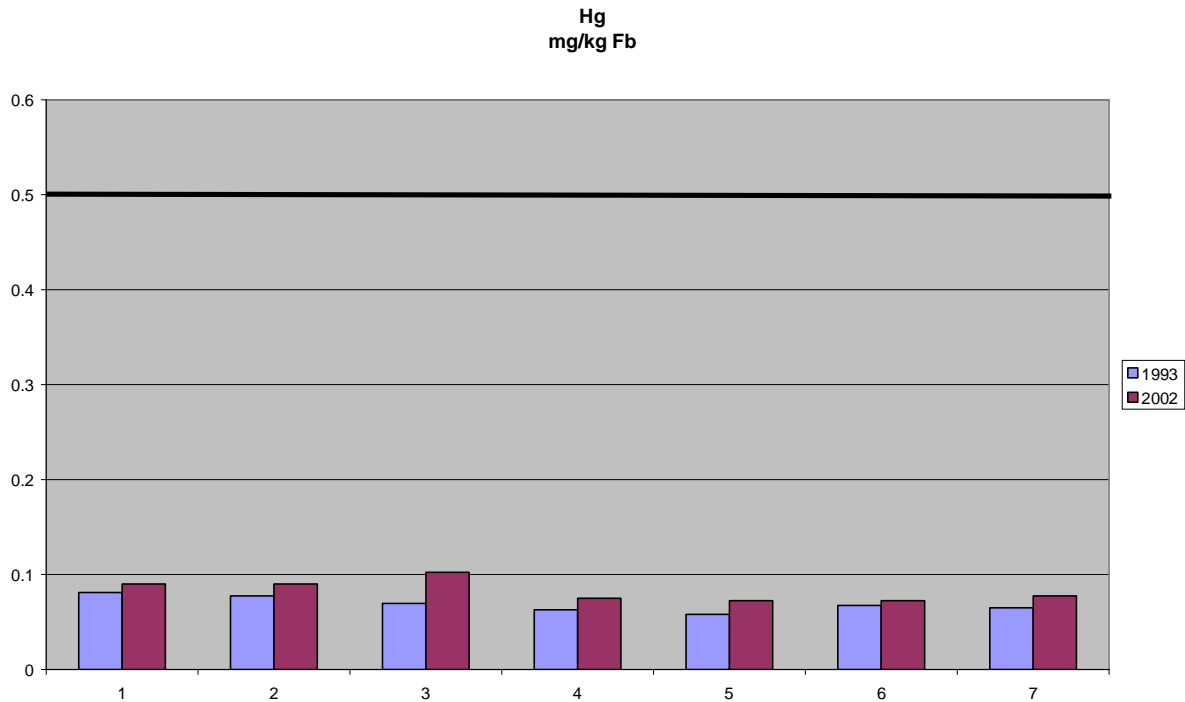


Abbildung 3.10 d-g Mittelwerte (MW) der Schwermetallgehalte im Boden im Vergleich 1993/1998/2002 (Cd) bzw. 1993/1998 (Cr, Ni, Hg). (Schwarze Linie = Vorsorgewert gemäß § 1 der OÖ-Bodengrenzwert VO, LGBL Nr. 100/2005)

Ein Vergleich zwischen 1993, 1998 und, wo möglich, 2002 zeigte bei fast allen Schwermetallen eine leichte (Pb, Cr, Ni, Hg) bzw. deutliche (Cd, Zn) Anreicherung. Der sehr hohe Wert für Cu 1993 in Variante 1 dürfte wohl ein Ausreißer sein. Einzig Zink, welches generell im Kompost der Fachschule Ritzlhof vermehrt nachgewiesen wurde, ließ auch im Boden einen leichten Zuwachs in den Kompostvarianten (2, 3, 5, 6) erkennen. Die erhöhten Zinkgehalte waren in erster Linie auf die Aufstallung und auf Schweinemist zurückzuführen.

3.5.3 Bodenmikrobiologische Untersuchungen

Die Beprobung der Versuchsfläche erfolgte einmal im Oktober 1998 (21.10.98), nachdem die Kultur Raps auf dem Feld gestanden war und ein zweites Mal im Frühjahr 1999 (7.4.99), vor Vegetationsbeginn. Dauerhafte Veränderungen der bodenbiologischen Aktivität lassen sich am besten im Frühjahr vor Vegetationsbeginn untersuchen. Einflüsse der Düngung und des Pflanzenwuchses kommen zu diesen Zeiten weniger zur Geltung. Bei einer Bodenprobenahme im Herbst nach der Ernte kann dagegen der fruchtspezifische Einfluss während der Vegetationsperiode (Rhizosphäreneffekt, Bestandesabfall) auf die bodenmikrobiologische Aktivität am besten untersucht werden (Beck 1990, Kandeler und Eder 1990). Analysiert wurden N-Mineralisation, alkalische Phosphatase, Xylanase-Aktivität sowie Biomasse-N mittels Fumigation-Extraktion.

N-Mineralisation

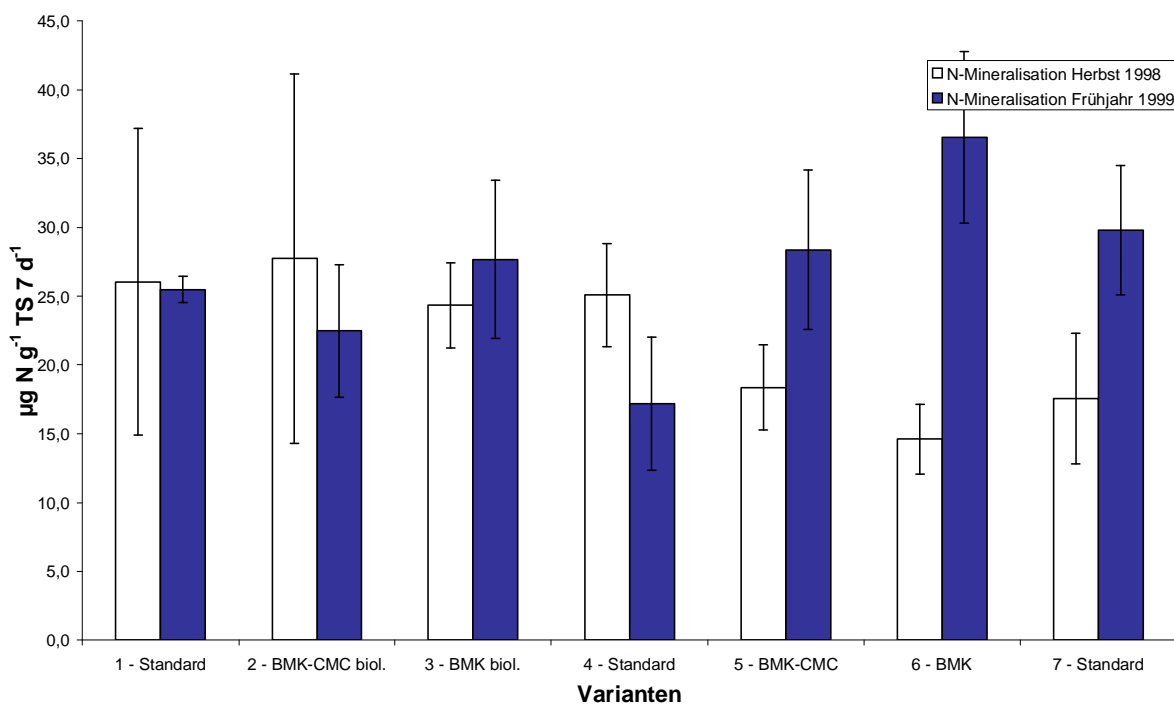


Abbildung 3.11: N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch nach Keeney (1982), modifiziert nach E. Kandeler, für die Messreihe im Herbst 1998 (helle Säulen) sowie im Frühjahr 1999 (dunkle Säulen).

Die N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch ist ein Maß für die Aktivität von Mikroorganismen, die für die Mineralisierung verantwortlich sind. Dabei ist zu beachten, dass die Messung unter anaeroben Bedingungen, und nicht unter Freilandbedingungen geschieht.

Bei der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch wird der Boden 7 Tage bei 40 °C

inkubiert. Der aus organischen Verbindungen freigesetzte NH_4 -Stickstoff wird kolorimetrisch bestimmt.

In diesem Diagramm fallen die enormen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Herbsttestreihe 1998 und der Frühjahrstestreihe 1999 bei den Varianten 5, 6 und 7 im Vergleich mit allen übrigen Varianten auf. Aufgrund dieser Unregelmässigkeiten müssen diese Ergebnisse mit Vorsicht beurteilt werden, siehe Abb. 3.11.

Bei der Betrachtung dieser Werte muss man sich im Klaren über die Aufgabenstellung dieses Versuches sein. Hier ging es vor allem um die langfristigen Wirkungen von Kompost, d. h. die Ergebnisse der Frühjahrskampagne eigneten sich eher, um die dadurch verursachten Effekte zu quantifizieren. In der gängigen Praxis der Bodenmikrobiologie hat sich die Frühjahrsbeprobung als quasi-Konvention durchgesetzt.

Alkalische Phosphatase

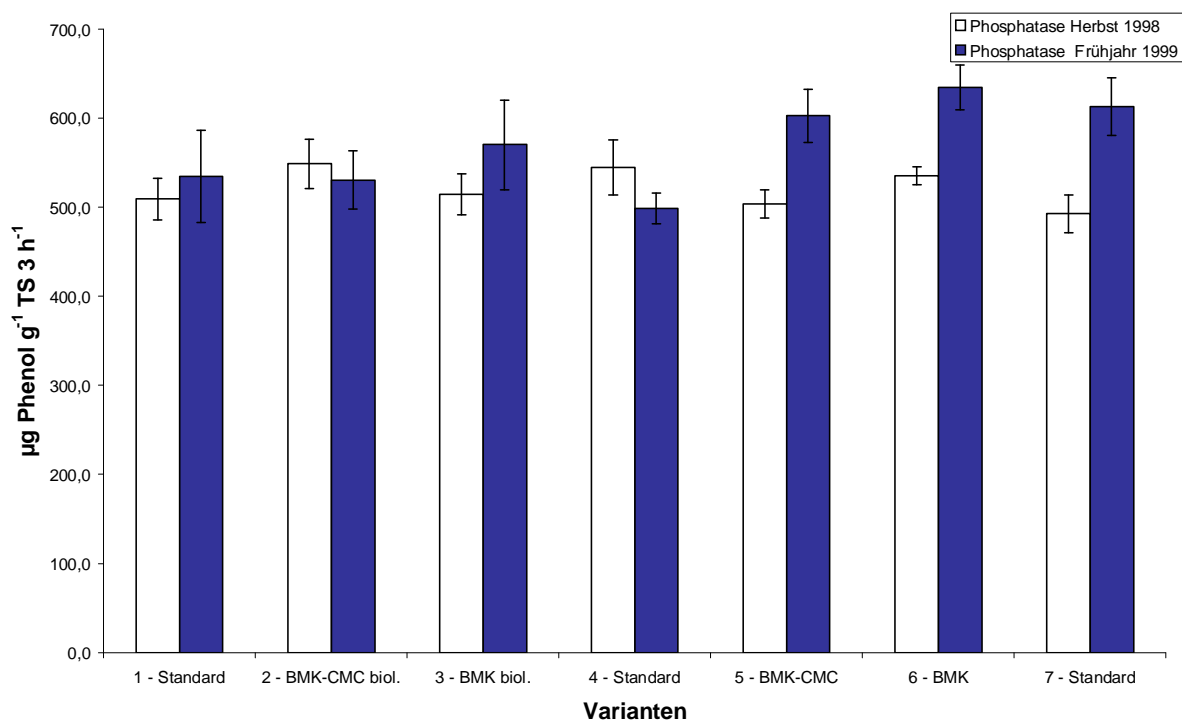


Abbildung 3.12: Alkalische Phosphatase nach Hoffmann (1968), modifiziert nach R. Öhlinger, für die Messreihe im Herbst 1998 (helle Säulen) sowie im Frühjahr 1999 (dunkle Säulen).

Phosphatasen sind induzierbare Enzyme, die vor allem bei geringer Verfügbarkeit von Phosphat verstärkt gebildet werden (Schinner et al., 1993). Die alkalische Phosphatase wird im Gegensatz zur sauren Phosphatase nicht von pflanzlichem Gewebe ausgeschieden (Juma und Tabatabai, 1998). Die alkalische Phosphatase ist daher auf die Bodenmikroorganismen (Eivazi und Tabatai, 1977) und die Bodenfauna (Pang und Kolenko, 1986) zurückzuführen. Bei der hier angewandten Methode werden die Bodenproben mit einer Phenylphosphat-Dinatrium-Lösung versetzt und 3 Stunden bei 37 °C bebrütet. Das abgespaltene Phenol wird angefärbt und photometrisch bestimmt. Abb. 3.12 zeigt einen analogen Verlauf wie für die N-Mineralisation.

Je aktiver die Phosphatase, desto geringer normalerweise die Phosphatversorgung. Diese Faustregel konnte jedoch bei Versuchen in der Vergangenheit nicht immer beobachtet werden.

Xylanase

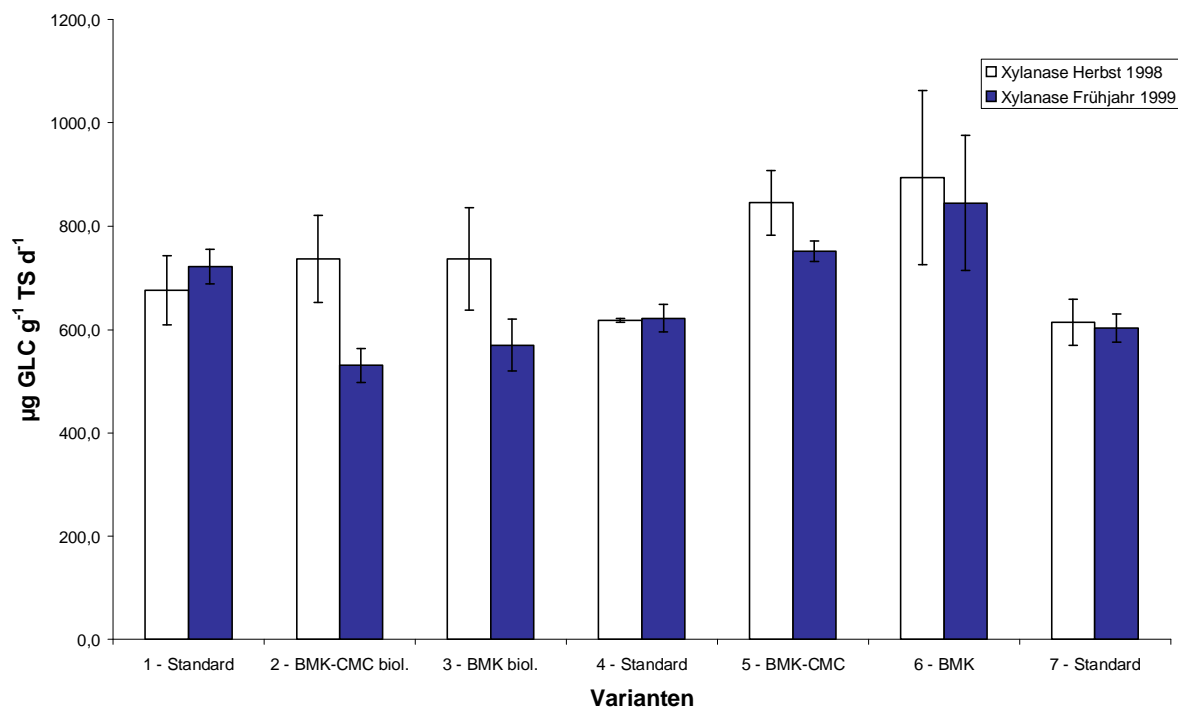


Abbildung 3.13: Xylanase-Aktivität nach Schinner und von Mersi (1990) für die Messreihe im Herbst 1998 (helle Säulen) sowie im Frühjahr 1999 (dunkle Säulen).

Man kann mit der Xylanase-Aktivität die Abbauintensität von organischen xylanhaltigen Materialien verbinden (Destruentenaktivität). Deshalb ist die Xylanase in der Regel im Herbst (bei Vorhandensein von organischen Abfällen am Acker) höher als im Frühjahr. Die Bestimmung der Xylanase-Aktivität erfolgt über den Nachweis der abgespaltenen reduzierenden Zucker. Die Spaltprodukte reagieren mit K-Hexacyanoferrat-III in Verbindung mit Metallsalzen (Schinner und von Mersi, 1990) zu gefärbten und photometrisch messbaren

Verbindungen. Im Herbst 1998 lag Variante 6 höher als alle 3 Standards (Var. 1, 4, 7). Im Frühjahr 1999 zeigten die biologischen Kompostvarianten im Gegensatz zu den konventionellen relativ niedrige Werte, während die Standards ausgeglichen waren, vgl. Abb. 3.13. Für die Kompostvarianten konnte somit tendenziell eine im Vergleich zur Frühjahrsmessung erhöhte Enzymaktivität im Herbst festgestellt werden.

Biomasse-Stickstoff

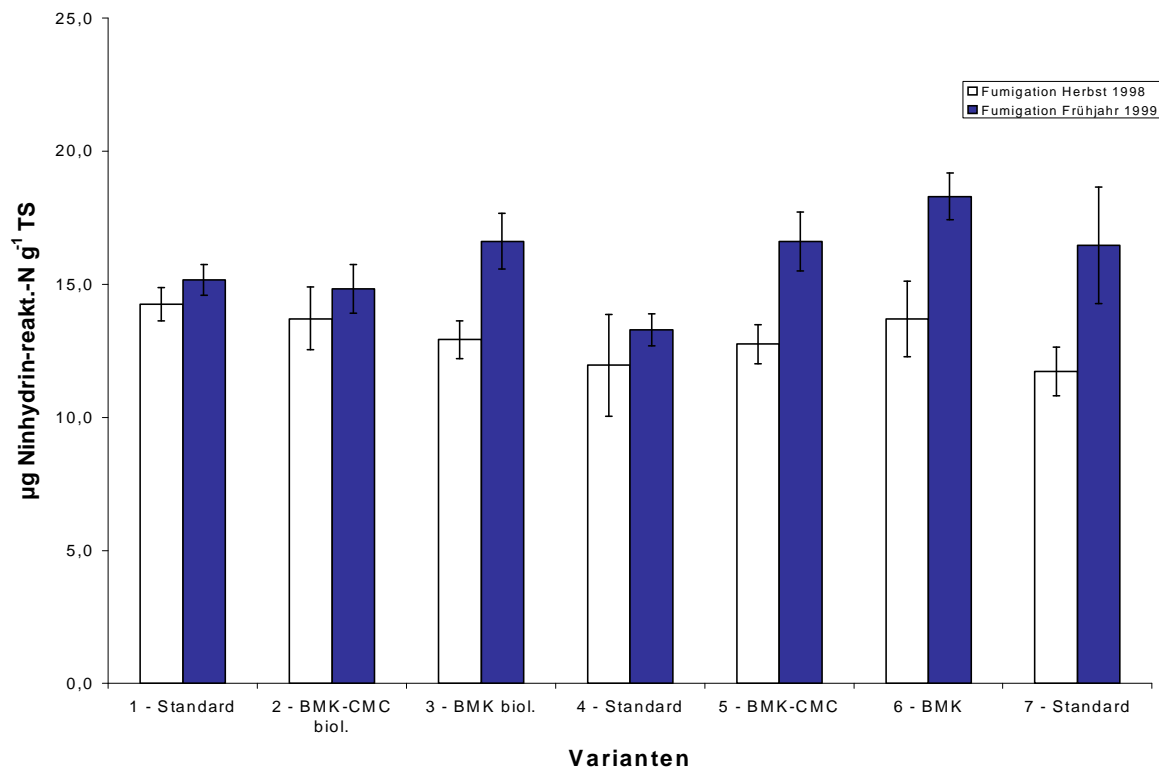


Abbildung 3.14: Photometrische Bestimmung des Biomasse-Stickstoffs mittels Fumigation-Extraktion nach Amato und Ladd (1988), modifiziert nach R. Öhlinger für die Messreihe im Herbst 1998 (helle Säulen) sowie im Frühjahr 1999 (dunkle Säulen).

Die Bestimmung des Biomasse-N stellt kein Maß für die Mikrobenaktivität, aber ein Maß für das Vorhandensein von Biomasse-N, ob lebende oder tote Biomasse, dar. Fumigierter Boden wird mit einer Kaliumchloridlösung extrahiert und filtriert. Der Aminosäure-N der Filtrate wird mit Hilfe der Ninhydrin-Reaktion bestimmt und zur Berechnung des Biomasse-N herangezogen (Amato und Ladd, 1988). Während es für die Herbsttestreihe keinen deutlichen Unterschied innerhalb der Varianten gab, wies die Frühjahrstestreihe für die Kompostvariante 6 und Variante 4 höhere Werte auf, s. Abb. 3.14. Die NPK-Kompostvarianten schnitten besser als die biologischen Varianten ab. Der Einsatz von CMC-Bakterien brachte keinen Erfolg.

3.6 Ergebnisse aus der Saugkerzenanlage

Im Zeitraum vom 01.11.1998 bis 25.03.2003 wurden mittels 2 Saugkerzenanlagen (2 + 2 Saugkerzen) NO_3^- und NH_4^+ gemessen. Beprobte wurden Variante 3 (BMK biol.), 4 (Standard) in 2-facher Wiederholung und 5 (BMK-CMC) mit 2 Anlagen in einer Tiefe von ca. 130 bzw. 150 cm. Die Untersuchung erfolgte abwechselnd durch Ing. Wahlmüller und durch das Bundesamt für Agrarbiologie Linz. In Abb. 3.15 ist der Verlauf der gemessenen Nitratkonzentration abgebildet. Auffallend dabei ist, dass im Mai 1999 in den Varianten 4-Standard (1) und 5-BMK-CMC Nitratkonzentrationen über 200 mg/l auftraten. Eine Erklärung könnte eine unterschiedliche Anreicherung von Stickstoff im Boden infolge der Vorfrucht Erbse sein. Im Juli 2001 wurde ein zweiter extremer Anstieg der Nitratkonzentrationen gemessen, der bei den beiden Standardvarianten und der Variante 5 BMK-CMC besonders stark ausgebildet war. Dieser Anstieg lässt sich durch die Vorfrucht Winterweizen (Anbau 15.10.2000) nicht erklären, muss also einen anderen (klimatisch bedingten) Hintergrund haben. Aus der Niederschlagsituation der Station Hörsching lässt sich allerdings für das erste und zweite Quartal 2001 keine außergewöhnliche Niederschlagsituation ableiten. Von Juli 2001 bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes fielen alle Varianten unter eine Konzentration von 50 NO_3^- mg/l. Bei einem insgesamt unruhigen Kurvenverlauf blieb die Variante 3 am beständigsten. Der NO_3^- -Gehalt dieser Variante erreichte maximal 97 mg/L. Starke Spitzen wiesen die Wiederholungen von Variante 4 (Standard), sowie Variante 5 (BMK-CMC) auf.

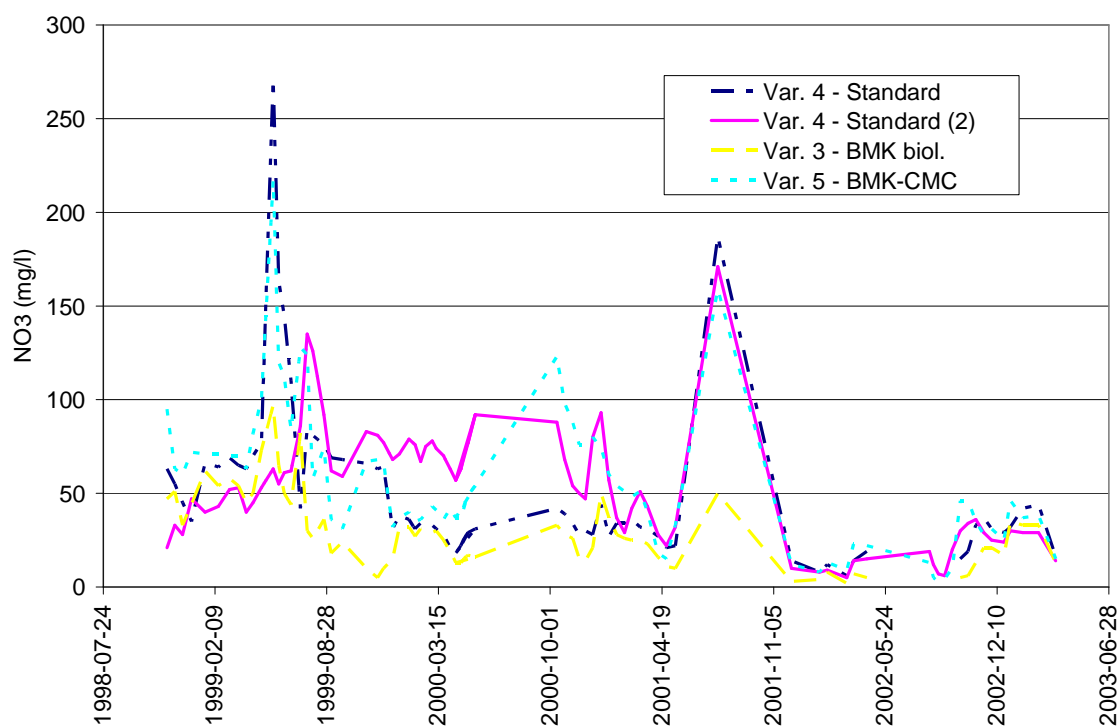


Abbildung 3.15: Verlauf der gemessenen Nitratkonzentration.

Abbildung 3.16 zeigt den Verlauf der Konzentrationen von Ammonium im Sickerwasser. Wie erwartet, sind die Gehalt an Ammonium im Vergleich zu den Nitratkonzentrationen sehr gering, weil normalerweise im Boden Ammonium sehr rasch zu Nitrat umgewandelt wird. Im relativen Vergleich der Varianten wurden die höchsten Konzentrationen in der Variante 4 (Standard) gemessen.

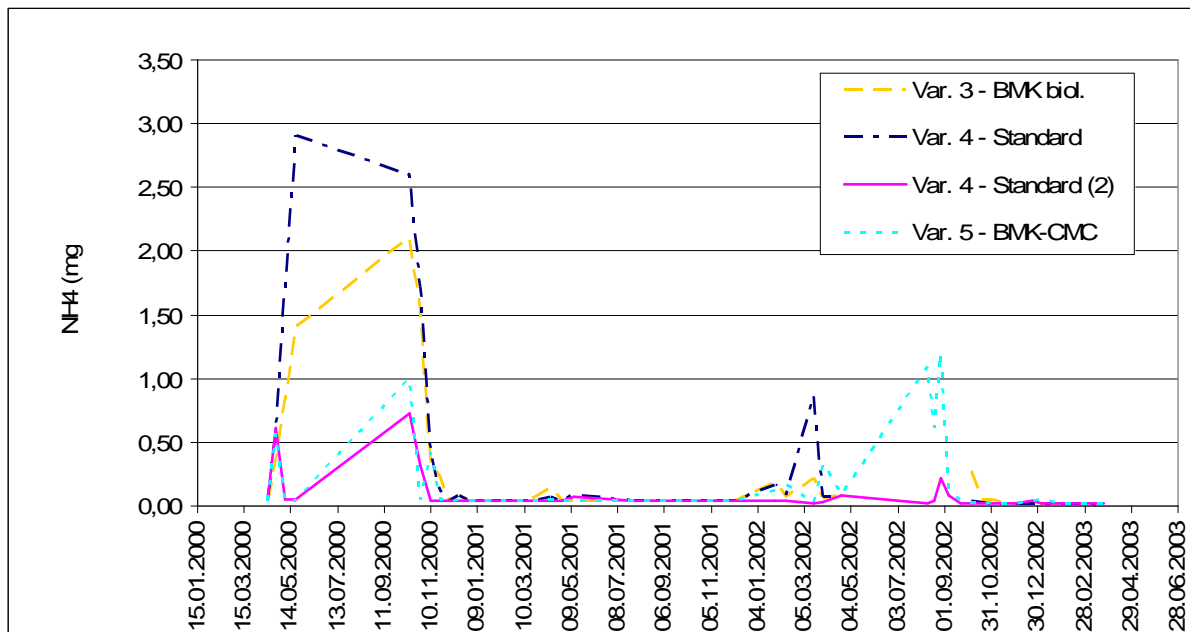


Abbildung 3.16: Verlauf der Ammoniumkonzentrationen für die untersuchten Varianten

Abbildung 3.17 zeigt den Verlauf der Phosphorkonzentrationen im Sickerwasser des letzten Untersuchungsjahres. Die Phosphorkonzentrationen schwankten im Verlauf der Untersuchungsperiode stark. Die höchsten Konzentrationen wurden bei Variante 5 (BMK-CMC) gemessen. Hier lagen die Konzentrationen von Phosphor überwiegend über dem zulässigen Richtwert für Grundwasser von 0,3 mg PO_4/l (bzw. ca. 0,1 mg P/l). Grund dafür ist die hohe Zufuhr von Phosphor auf den Kompostvarianten, die sich auch in den erhöhten PCAL Werten (Abbildung 3.8) widerspiegelt. Die Gesamtgehalte an Phosphor wurden in diesem Projekt zwar nicht erhoben, im Projekt „Phosphataustrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen Oberösterreichs“ (BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005) wurde aber unter anderem auch zwei Varianten (Var. 4 - Standard und Var. 5 – BMK-CMC) des vorliegenden Versuchs beprobt. Dabei zeigte sich, dass auch die Gesamtgehalten an Phosphor für die Variante Kompost erhöht war.

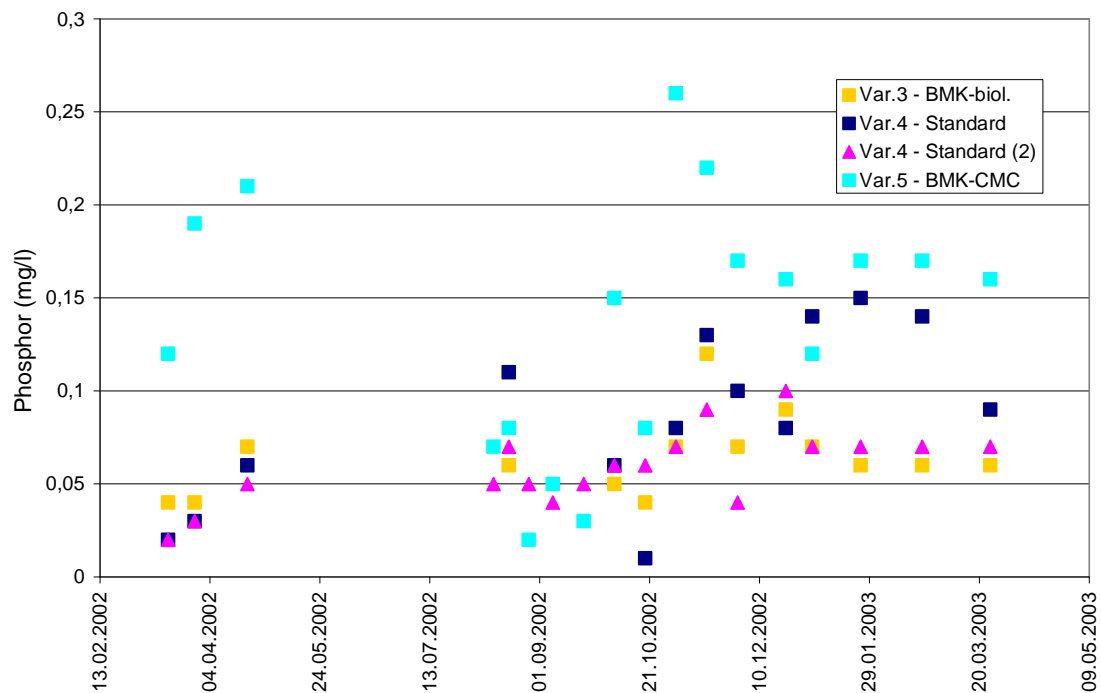


Abbildung 3.17: Verlauf der Phosphorkonzentrationen für die untersuchten Varianten

Modellrechnung

Die erhaltenen Nitratkonzentrationen wurden als Eingangsparameter für eine Frachtberechnung mit dem Nitrattransportmodell STOTRASIM (Feichtinger, 1998) verwendet. Basis einer Frachtberechnung ist die Kenntnis des Wasserhaushaltes. Dieser wurde mit dem Wasserhaushaltsmodell SIMWASER (Stenitzer, 1988) berechnet. Mit dem Modell SIMWASER wird die tägliche Bilanz zwischen Niederschlag, Verdunstung, Bodenspeicherung und Oberflächenabfluss auf der Basis von täglichen Wetterdaten (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung und Niederschlag) für eine Bodenform bei Berücksichtigung des jeweiligen Pflanzenbestandes und seines Entwicklungsstandes bzw. seiner Pflanzenarchitektur berechnet. Dazu müssen der Bodenaufbau (also die Schichtabfolge) und die Bodenart der einzelnen Schichten bekannt sein. Für die Berechnung der Wasserbewegung müssen die pF-Kurven und die Ku-Kurven der jeweiligen Bodenart bekannt sein. Für die Abschätzung der Wurzelentwicklung bei Feldfrüchten und Grünlandbeständen wird darüber hinaus die funktionelle Abhängigkeit des Penetrometerwiderstandes vom Matrixpotential benötigt. Diese Bodenkennwerte müssen entweder aus Feldmessungen abgeleitet oder an ungestörten Bodenproben im Labor ermittelt

werden. Für Überschlagsrechnungen stehen eine Reihe von typischen "Standardbodenkennwerten" in einer Datenbank des IKT zur Verfügung. Für die Berechnung der Pflanzenentwicklung und des Pflanzenwachstums sowie des damit verbundenen Wasserverbrauchs werden Pflanzenkennwerte für die unterschiedlichen Kulturen verwendet, womit der Einfluss des jeweiligen Bewuchses auf den Bodenwasserhaushalt erfasst werden kann.

Datenbasis für die Berechnung des Sickerwassers und der Nitratfracht

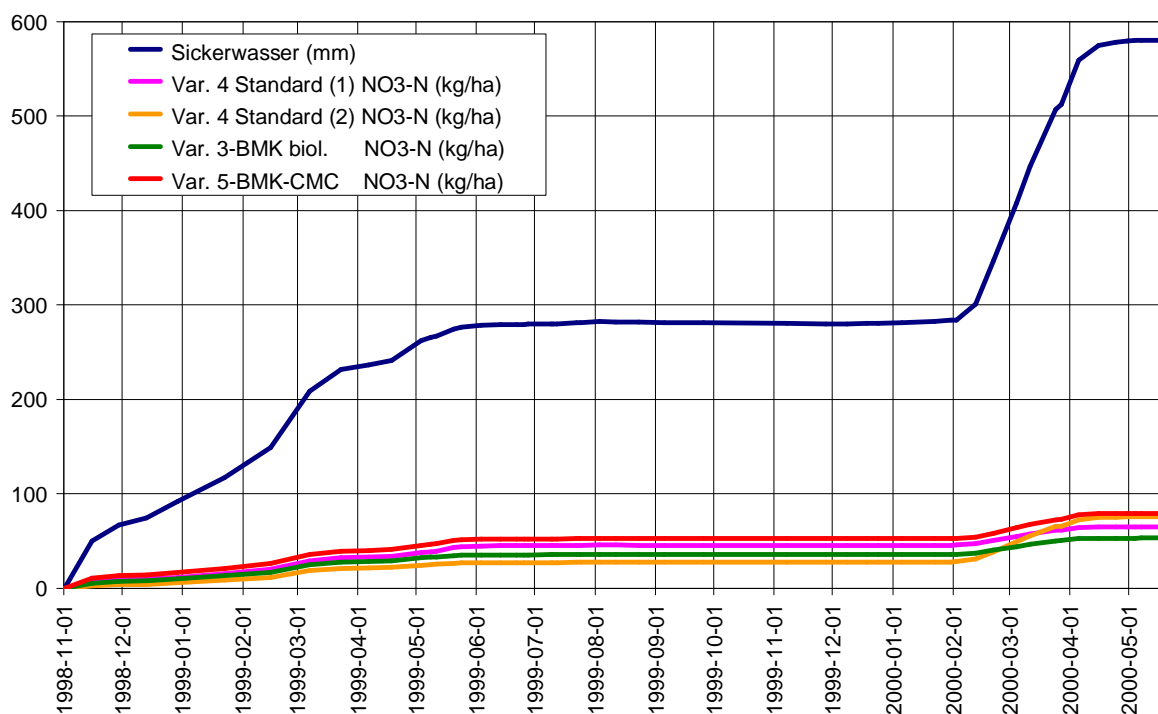
- Wetterdaten: Station Hörsching
- Bewirtschaftungsdaten: Fruchtfolge aus Zwischenbericht Weissteiner & Wahlmüller (2000). Die Fruchtfolge war 1991 Winterweizen - 1992 Wintergerste - 1993 Mais - 1994 Sojabohne - 1995 Winterweizen - 1996 Wintergerste - 1997 Körnererbse - 1998 Winterraps - 1999 Mais – 2000.
- Bodendaten: Messwerte aus einem Profil der Parzelle 4a (Bodenart, Humusgehalt und Porenvolumen) und "Standardkurven" aus der Bodendatenbank des IKT (pF und Wasserleitfähigkeit und Penetrometerwiderstand in Abhängigkeit des Matrixpotentials).
- Nitratkonzentration: Messwerte der Saugkerzenanlage

Die Modellrechnung wurde für den Zeitraum der vorhandenen Fruchtfolge vom 01.01.1990 bis zum 31.12.2000 durchgeführt. Die Auswertung der Stickstofffracht erfolgte für die Zeitspanne vom 01.11.1998 bis 20.05.2000. Für die Ermittlung der mittleren Nitratkonzentration wurde zuerst die Summe der Sickerwassermenge für die einzelnen Messzeiträume der Nitratkonzentration addiert und mit den Nitratkonzentrationswerten die einzelnen Nitratfrachten berechnet. Aus der Summe der Sickerwassermenge und der Summe der Nitratfracht wurde die mittlere Nitratkonzentration für den Zeitraum 01.11.1998 bis 20.05.2000 berechnet. Unter der Annahme, dass in allen Parzellen die Bodenwasserhaushaltsdynamik identisch ist, wurde zur Berechnung der Nitratfracht die gleiche Sickerwassermenge verwendet. Das Modell berechnete eine Sickerwassermenge für den Zeitraum 01.11.1998 bis 20.05.2000 von 580 mm, bei einem Niederschlag von 1330 mm. In der Tab. 3.4 sind die Ergebnisse Summe des Nitrataustrages und die mittlere Nitratkonzentration enthalten.

Tabelle 3.4: Summe des Nitrataustrages (NO₃-N) und der mittleren Nitratkonzentration (NO₃) in 120 cm Tiefe für den Zeitraum 01.11.1998 bis 20.05.2000.

Variante	NO ₃ -N (kg/ha)	mittlere NO ₃ (mg/l)
Var. 4 Standard (1)	65	49
Var. 4 Standard (2)	75	58
Var. 3-BMK biol.	53	40
Var. 5-BMK-CMC	79	61

Die Berechnungen ergaben unterschiedlich hohe Nitratausträge von 53 bis 79 kg/ha und mittlere Nitratkonzentrationen von 40 bis 61 mg/l. Den höchsten Nitrataustrag und die höchste Nitratkonzentration hat die Variante 5-BMK-CMC und die geringste die Variante 3-BMK biologisch. Die beiden Messstellen auf der Parzelle 4 "Standard" unterscheiden sich beim Nitrataustrag um 10 kg/ha, die Nitratkonzentration differiert um 9 mg/l. In der Abb. 3.18 ist der akkumulierte Verlauf der Sickerwassermenge und der Nitrataustrag der Varianten abgebildet.

**Abbildung 3.18:** Akkumulierter Verlauf der berechneten Sickerwassermenge und der Nitratracht für den Zeitraum 01.11.1998 bis 20.05.2000.

Der akkumulierte zeitliche Verlauf der Nitratfracht zeigt, dass das Nitrat im wesentlichen in den Wintermonaten der Jahre 1998/1999 und 1999/2000 ausgetragen wird. Damit bestimmt auch die Nitratkonzentration der Wintermonate im Wesentlichen die Nitratfracht. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten ergeben sich durch die hohen Nitratkonzentrationen im Mai 1999 in den Varianten 4-Standard (1) und 5-BMK-CMC und der Variante Parzelle 4 Standard (2) und durch das höhere Niveau im Zeitraum Herbst 1999 und Mai 2000 der Variante Parzelle 4 Standard (2).

3.7 Bodenwassergehalte

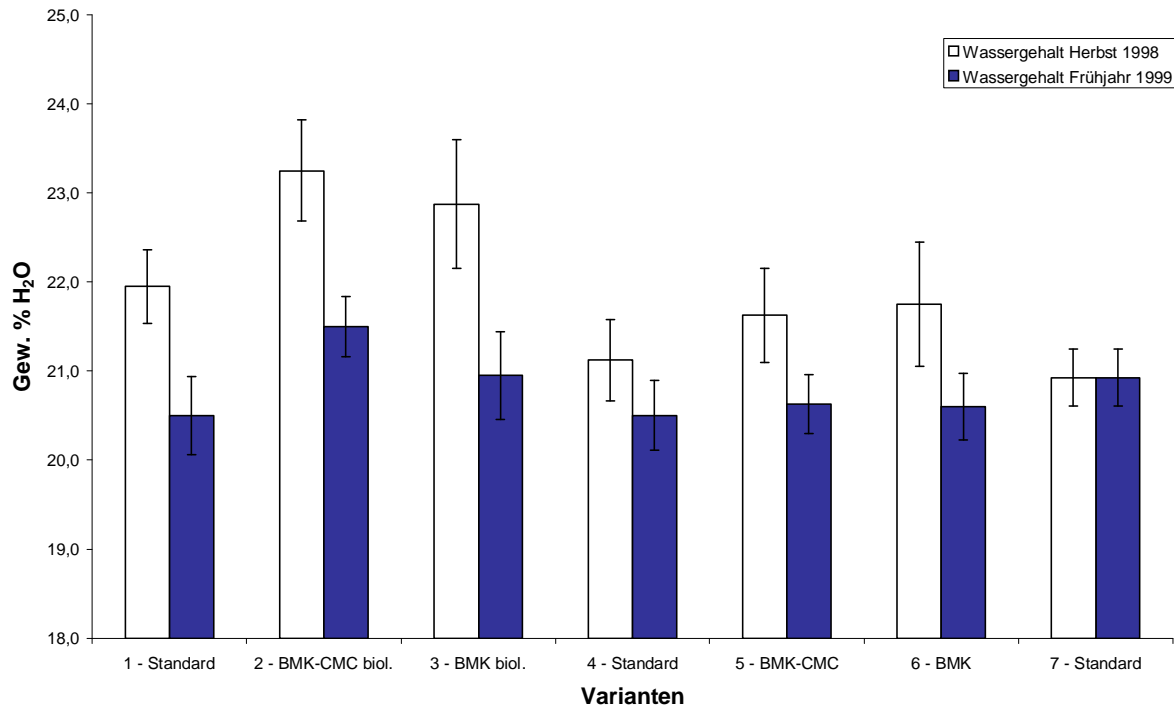


Abbildung 3.19: Bodenwassergehalt für die Messreihe im Herbst 1998 (helle Säulen) sowie im Frühjahr 1999 (dunkle Säulen).

Der Bodenwassergehalt wurde der Vollständigkeit halber mitgemessen, um damit eine Interpretationshilfe zu erhalten. Bodenmikrobiologische Untersuchungen können bei unterschiedlichen Wassergehalten zu deutlich veränderten Ergebnissen führen.

Für die Herbsttestreihe ergab sich hinsichtlich Bodenwassergehalt ein weit inhomogeneres Bild als für die Frühjahrestreihe. Auffallend war der relativ höhere Wassergehalt der beiden biologischen Varianten, s. Abb. 3.19.

3.8 Beregnungsversuch

Messkampagne 1999

Tabelle 3.12 zeigt einige Charakteristika des Abflussverhaltens der untersuchten Parzellen. Mit Ausnahme einer konventionell bewirtschafteten Parzelle konnten die einzelnen Varianten gut voneinander unterschieden werden, wobei auf den mit Kompost behandelten Parzellen geringere maximale Abflüsse und auch geringere Gesamtabflüsse gemessen wurden. Aufgrund der geringen Wiederholungszahl musste jedoch auf eine statistische Auswertung im

Sinne von varianzanalytischen Verfahren verzichtet werden. Ein Vergleich der mittleren stationären Abflussmenge mit den Humusgehalten der jeweiligen Parzelle zeigte, dass die Abflüsse umso geringer waren, je höher der Humusgehalt der betreffenden Parzelle war (Abbildung 3.2). Für andere gemessene Bodenparameter war dieser Zusammenhang wesentlich undeutlicher (Rohdichte) bzw. fehlte ganz (gesättigte Wasserleitfähigkeit).

Tabelle 3.12: Abflusscharakteristika der untersuchten Varianten konventionell, bäuerlicher Mischkompost (BMK) und CMC-Kompost (CMC)

<i>Variante</i>	<i>Wh</i>	<i>Maximalabfluss (mm/min)</i>	<i>Gesamtabfluss (mm)</i>
Konventionell	1	0.66	25.2
Konventionell	2	0.55	14.3
Konventionell	3	0.65	25.2
CMC-Kompost	1	0.51	18.6
CMC-Kompost	2	0.57	16.7
bäuerlicher	1	0.50	12.6
Mischkompost			
bäuerlicher	2	0.45	10.3
Mischkompost			

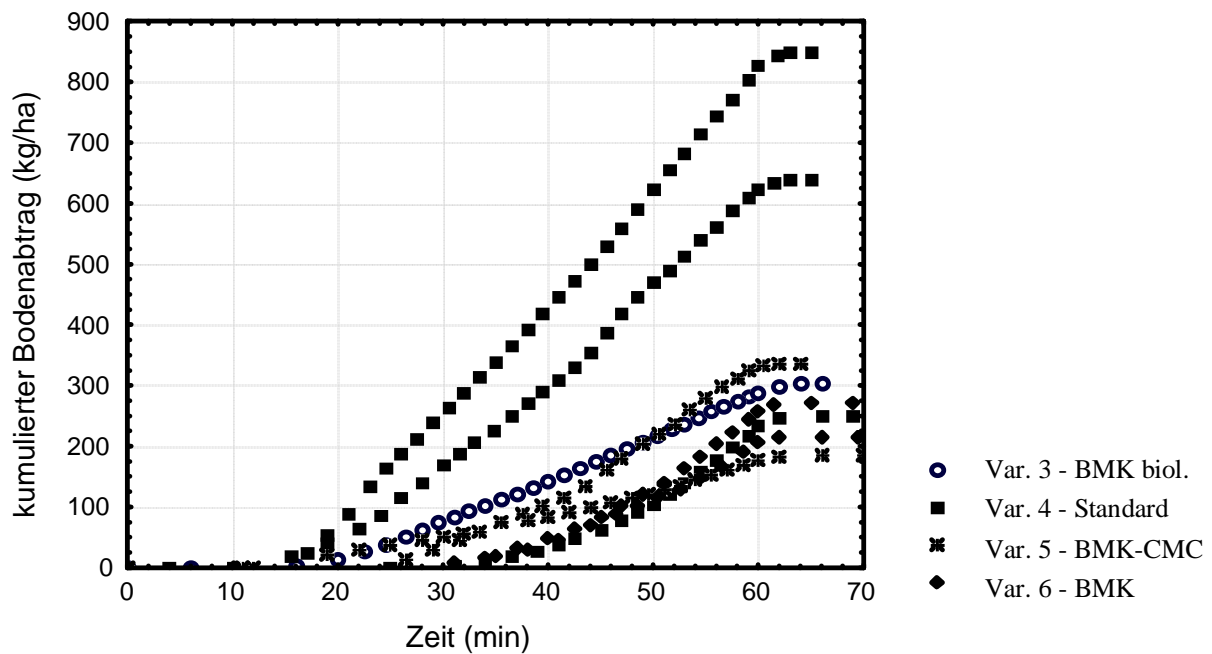
Wh: Wiederholung

Tab. 3.13 sowie Abbildung 3.20 stellen einige Charakteristika des Abtragsverhaltens der untersuchten Parzellen dar. Die Parzellen mit konventioneller Behandlung weisen gegenüber den Parzellen mit Kompostbehandlung erhöhte Werte auf, was sich sowohl im Gesamtabtrag als auch Maximalabtrag widerspiegelt. Eine Unterscheidung der einzelnen Varianten mit Kompostbehandlung ist schwierig, da sich die Werte überlappen und auf Grund der geringen Wiederholungszahl eine statistische Absicherung eventueller Unterschiede nicht möglich ist. Dies vor allem auch dann, wenn Variante 3/1 nicht unabhängig sondern als Wiederholung von Variante 6/1 und 6/2 gesehen wird. Ansonsten würden sich Unterschiede aus den einzelnen Kompostvarianten vor allem bezüglich ihrer Sedimentkonzentration unter stationären Abflussverhältnissen ergeben, da die Wiederholungen der Varianten 6 (BMK) relativ hohe Sedimentkonzentrationen unter stationären Verhältnissen aufweisen. Im Vergleich zu tatsächlich auftretenden Bodenabträgen sind die gemessenen Werte als gering einzustufen. Dies ist jedoch nicht als Hinweis auf geringe Bodenabtragsgefährdung dieses Bodens zu werten, sondern als Effekt der Versuchsanordnung mit einer Beregnungsfläche von nur 10 m².

Tabelle 3.13: Abtragscharakteristika der untersuchten Varianten konventionell , bäuerlicher Mischkompost (BMK) und CMC-Kompost (CMC)

Variante	Maximalabtrag ($\text{g/m}^2/\text{min}$)	Gesamtabtrag (g/m^2)
Konventionell	2.43	84.9
Konventionell	1.50	24.9
Konventionell	2.19	63.8
CMC	0.64	18.4
CMCt	1.55	33.7
BMK	1.39	27.2
BMK	1.19	21.6

Wh: Wiederholung

**Abbildung 3.20:** Zeitlicher Verlauf des kumulierten Bodenabtrags der untersuchten Varianten.

Ein relativ deutlicher Zusammenhang zwischen Humusgehalt bzw. Rohdichte der Varianten und der Sedimentkonzentration lässt sich auch hier zeigen, s. Abb. 3.21 und 3.22.

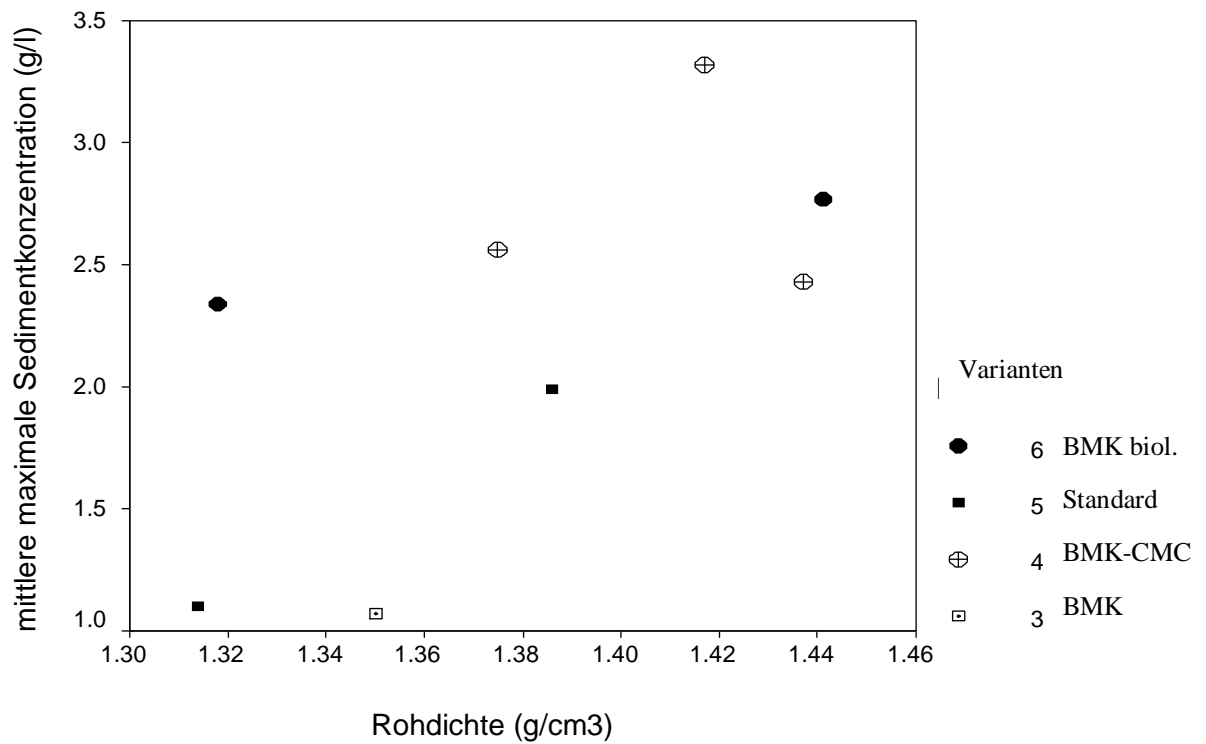


Abbildung 3.21: Beziehung zwischen Rohdichte und Sedimentkonzentration unter stationären Abflussverhältnissen für die untersuchten Varianten.

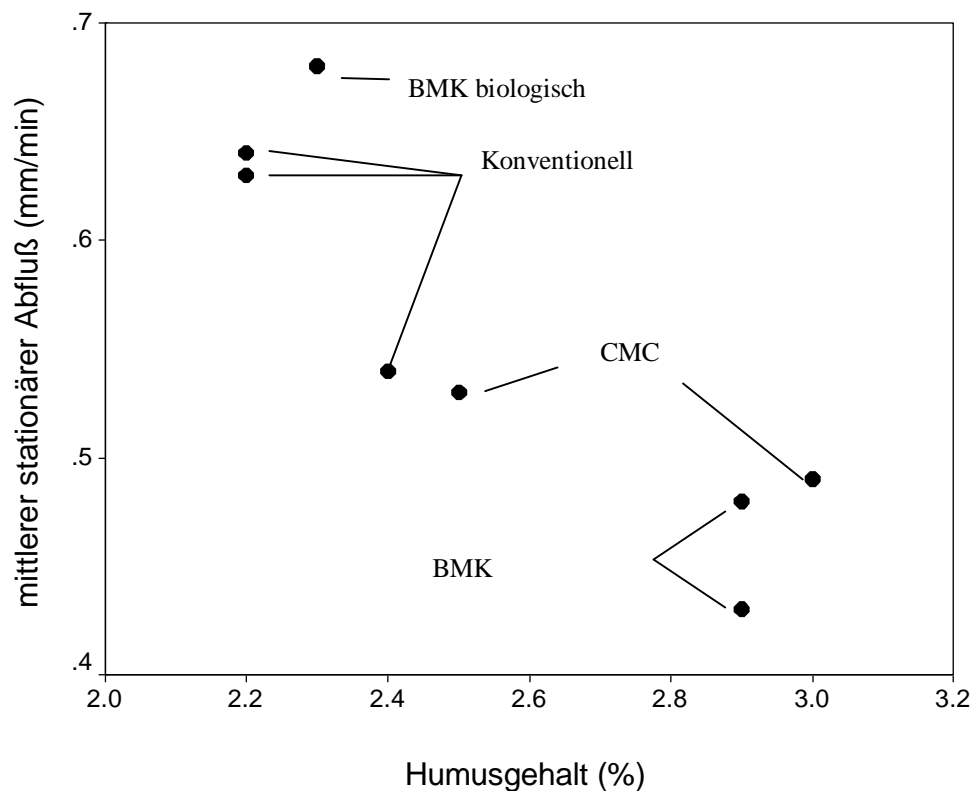


Abbildung 3.22: Beziehung zwischen Humusgehalt (%) und mittlerer Abflussmenge (mm/min) der untersuchten Varianten bei stationären Abflussverhältnissen (BMK biologisch: bäuerlicher Mischkompost; Verzicht auf Pflanzenschutzmittel in der Bewirtschaftung)

Messkampagne 2002

Anfang Oktober 2002 wurde eine weitere Regensimulationskampagne durchgeführt. Leider konnten aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse nur wenige Ergebnisse erzielt werden. Ein Vergleich der Varianten Konventionell gegenüber bäuerlichem Mischkompost (BMK) konnte letztendlich aber erhalten werden.

Tabelle 13 zeigt charakteristische Kennwerte zum Abflussverhalten der untersuchten Parzellen konventionell und bäuerlicher Mischkompost (BMK). Dabei zeigte sich, dass die enormen Unterschiede im Abflussverhalten (vor allem) auf den stark verzögerten Abflussbeginn (BHZ) bei der Variante BMK zurückzuführen waren. Diesen hydrologischen Vorteilen steht die mittlere gelöste Gesamtphosphorkonzentration der Variante BMK gegenüber, die im Vergleich zur konventionellen Variante höher lag.

Tabelle 3.13: Berechnungsmenge (Ns), Beharrungszeit (BHZ), mittlerer Oberflächenabfluss (Qm), Summe Abfluss in mm bzw. in Prozent des gesamten Berechnungsniederschlags (Q_{gesamt}) und im Abfluss gelöster Gesamtphosphor (P), bezogen auf die Zeitspanne zwischen Abflussbeginn und Ende der Vergleichsberechnungsdauer (ca. 70 min).

VARIANTE	Parzelle	Ns [mm]	BHZ [min]	Qm [mm/min]	Q _{gesamt} [l] bzw [%]	P [mg l ⁻¹]
Konventionell	4-1	72	15	0.15	36 (5)	
	4-2	70	12	0.33	87 (12)	
	Mittel	71	13	0.24	61 (8)	0.71
Bäuerlicher Mischkompost	6-3	73	58	0.12	5 (1)	
	6-4	74	48	0.18	8 (1)	
	Mittel	73	53	0.15	6 (1)	0.99

Einige Kennwerte der Bodenabtragsmessungen, die mittleren Bodenabträge bezogen auf die Zeitspanne zwischen Abtragsbeginn und Berechnungsende sowie Gesamtbodenabträge, sind in Tabelle 3.14 zusammengefasst.

Tabelle 3.14: Mittlere Bodenabtragsrate (A_m) und Gesamtsumme des Abtrags (A_{gesamt}) bezogen auf die Vergleichsberechnungsdauer von 70 min.

VARIANTE	Parzelle	A _m [g min ⁻¹ m ⁻²]	A _{gesamt} [g m ⁻²]
Konventionell	4-1	0.31	7.3
	4-2	0.55	15.2
	Mittel	0.43	11.3
Bäuerlicher Mischkompost	6-3	0.10	1.0
	6-4	0.15	2.8
	Mittel	0.13	1.9

Ein Vergleich der in Tab. 3.13 dargestellten Parameter für die Messkampagne im Oktober 2002 zeigt bei den Beharrungszeiten und Abflusskennwerten deutliche Unterschiede zwischen den Berechnungspartellen. Bei den Berechnungen der Variante „Bäuerlicher Mischkompost“ wurde eine deutlich längere Zeit bis zum Beginn des Oberflächenabflusses gemessen, dadurch ist einerseits der Gesamtabfluss, andererseits die mittlere Abflussrate im Vergleich zu den konventionellen Partellen wesentlich geringer. Vom gesamten Berechnungsniederschlag flossen bei den konventionellen Partellen im Mittel der Wiederholungen 8 % des aufgetrachten Berechnungsniederschlags oberflächlich ab, bei der Variante „Bäuerlicher Mischkompost“ hingegen nur 1 %.

Als Zusatzparameter wurde bei allen berechneten Partellen die Scherspannung als Maß des Widerstandes der obersten Bodenschicht gegen Abscherung und die Oberflächenrauigkeit gemessen. Die Scherspannungsmessung erfolgte pro Berechnungspartelle in 5

Wiederholungen unmittelbar im Anschluss an die Beregnung. In Tab. 3.15 ist die Scherspannung als Mittelwert der Messungen jeder Parzelle angegeben. Die Rauigkeit wurde vor und nach der Beregnung der jeweiligen Parzelle ebenfalls in 5 Wiederholungen mit anschließender Mittelwertbildung gemessen. Die Ergebnisse sind ebenfalls aus Tab. 4 ersichtlich. Die angegebenen Rauigkeitswerte errechnen sich dabei als Verhältnis der Einkürzung einer auf die Bodenoberfläche aufgelegten feingliedrigen Kette (ursprüngliches Maß der Kette minus Maß im an die Bodenoberfläche angepassten Zustand) zu deren ursprünglichem Maß. Bei vollkommen glatter Oberfläche würde sich z.B. der Minimalwert 0 ergeben.

Tabelle 3.15: Scherspannung nach und Rauigkeit vor und nach der Beregnung.

VARIANTE	Parzelle	Scherspannung [kPa]	Rauigkeit vor der Beregnung [cm/cm]	Rauigkeit nach der Beregnung [cm/cm]
Variante 4 (Standard)	4-1	8.4	0.07	0.07
	4-2	7.2	0.08	0.06
	Mittel	7.8	0.09	0.08
	6-3	6.3	0.11	0.05
	6-4	7.2	0.09	0.04
	Mittel	6.8	0.08	0.05

Die Ergebnisse der Scherspannungsmessungen zeigen keine Unterschiede bei den untersuchten Varianten 4 und 5. Unabhängig von der betrachteten Variante zeigt die Messung der Oberflächenrauigkeit vor und nach der Beregnung den Einfluss des Niederschlags auf. Die vor der Beregnung gemessenen Werte sind typische Ergebnisse für einen Boden in saarfertigem Zustand. Generell wurde in verschiedenen Untersuchungen eine exponentielle Beziehung zwischen Niederschlagsmenge (bzw. kinetischer Energie) und der Oberflächenrauigkeit (und damit natürlich eng verbunden dem Infiltrationsverhalten) festgestellt (Onstad et al., 1984, Roth, 1992). Eine Abnahme der Rauigkeit durch den Einfluss der Beregnung zeigt sich auch in dieser Untersuchung. Allerdings wurden bezüglich der untersuchten Varianten keine Unterschiede festgestellt. Die geringeren Werte bei Variante 5 nach der Beregnung sind vielmehr Ausdruck der längeren Beregnungszeiten für diese Variante.

Messkampagne April 2004

Nachdem die Messkampagne des Oktober 2002 nur einen Teil der geplanten Ergebnisse liefern konnte, wurde im April 2004 eine neuerliche Messserie gestartet. Leider war auch

dieser Berechnungszeitpunkt nicht von klimatischem Glück verfolgt, so dass mehrere Regensimulationen aufgrund externer Niederschläge abermals verworfen werden mussten. Zusätzlich wurden bei angrenzenden Bodenbearbeitungsmaßnahmen zwei Parzellen irrtümlich beschädigt. Für diese Parzellen musste das Saatbett neu bereitet werden und daher konnten sie nicht in die allgemeine Auswertung einbezogen werden. Diese Parzellen, es handelt sich dabei um je eine Wiederholung der Varianten 4 (konventionell) und 5 (CMC-Mischkompost), wurden daher einer eigenen Bewertung unterzogen. Wie schon für die vorhergehende Messkampagne wurden die Berechnungsergebnisse auf gleiche Berechnungsdauern bezogen, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Tabelle 3.16 und 3.17 stellen die Ergebnisse dieser Messreihe tabellarisch dar. Tab. 3.16 zeigt den zeitlichen Verlauf der Bodenabtragsraten für die Berechnung am 29.4.2004.

Tabelle 3.16: Anzahl der Wiederholungen (n), Beharrungszeit (BHZ), aufgebrachte Niederschlagsmenge (Ns), mittlere Abflussrate (Q_m) und Gesamtabfluss (Q_{gesamt}), mittlere Bodenabtragsrate (A_m) und Gesamtsumme des Abtrags (A_{gesamt}) im Vergleich der Parzellen 4 (Konventionell), 5 (CMC-Mischkompost) und 6 (Mischkompost) – Berechnungszeitraum 19.4.2004 – 28.4.2004.

Variante	n	BHZ min	Ns mm	Q_m $l \text{ min}^{-1} \text{ m}^{-2}$	Q_{gesamt} $L \text{ m}^{-2}$	A_m $g \text{ min}^{-1} \text{ m}^{-2}$	A_{gesamt} $g \text{ m}^{-2}$
4 (Konventionell)	2	11	37	0.42	8.1	9.9	179
5 (CMC-Mischkompost)	1	10	37	0.45	10.0	6.6	143
6 (Mischkompost)	1	16	37	0.24	4.4	5.4	92

Tabelle 3.17: Anzahl der Wiederholungen (n), Beharrungszeit (BHZ), aufgebrachte Niederschlagsmenge (Ns), mittlere Abflussrate (Q_m) und Gesamtabfluss (Q_{gesamt}), mittlere Bodenabtragsrate (A_m) und Gesamtsumme des Abtrags (A_{gesamt}) im Vergleich der Parzellen 4 (Konventionell) und 5 (CMC-Mischkompost) – Berechnungszeit 29.4.2004.

Variante	n	BHZ min	Ns mm	Q_m $l \text{ min}^{-1} \text{ m}^{-2}$	Q_{gesamt} $L \text{ m}^{-2}$	A_m $g \text{ min}^{-1} \text{ m}^{-2}$	A_{gesamt} $g \text{ m}^{-2}$
4 (Konventionell)	1	5	20	0.7	7.8	22.2	254
5 (CMC-Mischkompost)	1	5	20	0.8	10.1	19.2	231

Die während der Messreihe des April 2004 erhaltenen Ergebnisse bestätigen den Unterschied zwischen konventioneller Variante und den verschiedenen Kompostvarianten. Sowohl im Vergleich mit Variante 5 (CMC-Mischkompost), als auch Variante 6 (Mischkompost) wurden geringere Bodenabtragsraten gemessen, ein Ergebnis, das auch schon während der ersten Messkampagne im Jahr 1999 erzielt worden war (Strauss, 2001).

Einer statistisch gesicherten Aussage zur Bewertung der konventionellen Variante im Vergleich zu den Kompostvarianten für die einzelnen Versuche stehen zwar die Probleme bei der Versuchsdurchführung entgegen. Für eine positive Wirkung des Kompostes auf das Erosionsverhalten spricht allerdings, dass in allen direkten Vergleichen (Versuch 1999, 2002,

2004) eine abtragsreduzierende Wirkung festgestellt werden konnte. Das Ausmaß dieser Reduktion war sehr variabel, wie auch die Bodenabträge generell eine hohe Variabilität zwischen den einzelnen Versuchen aufwiesen. Ein Vergleich zwischen den Bodenabträgen des Jahres 2002 und 2004 zeigt z.B. einen generellen Unterschied in der Höhe von einer Zehnerpotenz – ein Hinweis auf die hohe zeitliche Variabilität der Erosionsempfindlichkeit von Böden während eines Jahres.

Grundsätzlich ist aber anzumerken, dass sowohl der Abfluss als auch der Bodenabtrag unter Berücksichtigung der simulierten Regenmenge und Regenintensität bei allen durchgeführten Berechnungen vergleichsweise niedrig waren und somit der untersuchte Boden als gering erosionsanfällig charakterisiert werden könnte.

Eine eindeutige Aussage über einen Einfluss der Anwendung von Mischkompost oder CMC-Kompost auf das Oberflächenabfluss- und Bodenabtragsverhalten bei Niederschlägen im Vergleich mit einer Bewirtschaftung ohne Kompostanwendung kann aus den Ergebnissen der durchgeführten Regensimulationen nicht abgeleitet werden.

Die im Oberflächenabfluss gelösten Mengen an Phosphor zeigen allerdings auch auf, dass mit einer erhöhten Aufwandsmenge an Phosphordünger, wie sie in diesem Versuch betrieben wurde (die Kompostvarianten 5 und 6 erhielten nicht nur Kompost, sondern auch anorganische Dünger) auch Gefahren verbunden sind.

3.9 Ernteerträge 1993 – 2002

ERTRÄGE 1993 KÖRNERMAIS

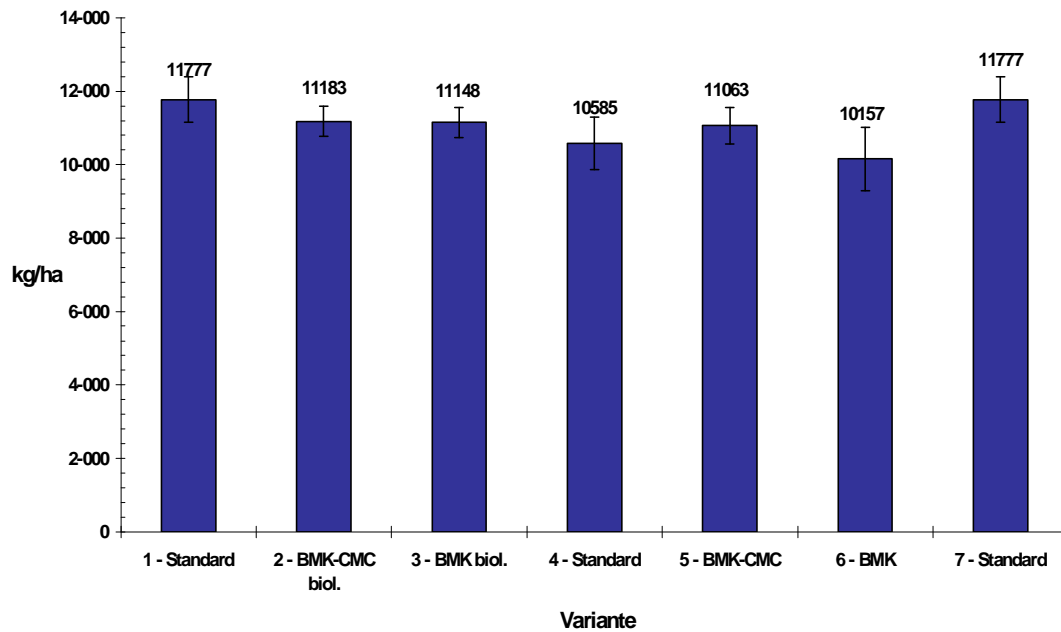


Abbildung 3.23: Ernteerträge 1993 (Körnermais), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt (Standardabweichung in I-Symbolen).

Die Ertragslage war für alle Varianten ähnlich hoch. Es muss angemerkt werden, dass in diesem Jahr kein Mineraldünger ausgebracht wurde, wodurch der Ertragsvorteil der konventionellen Varianten und Standards gegenüber den nur durch Kompost mit Nährstoffen versorgten Varianten ausblieb, siehe Abb. 3.1.

ERTRÄGE 1994 SOJABOHNE

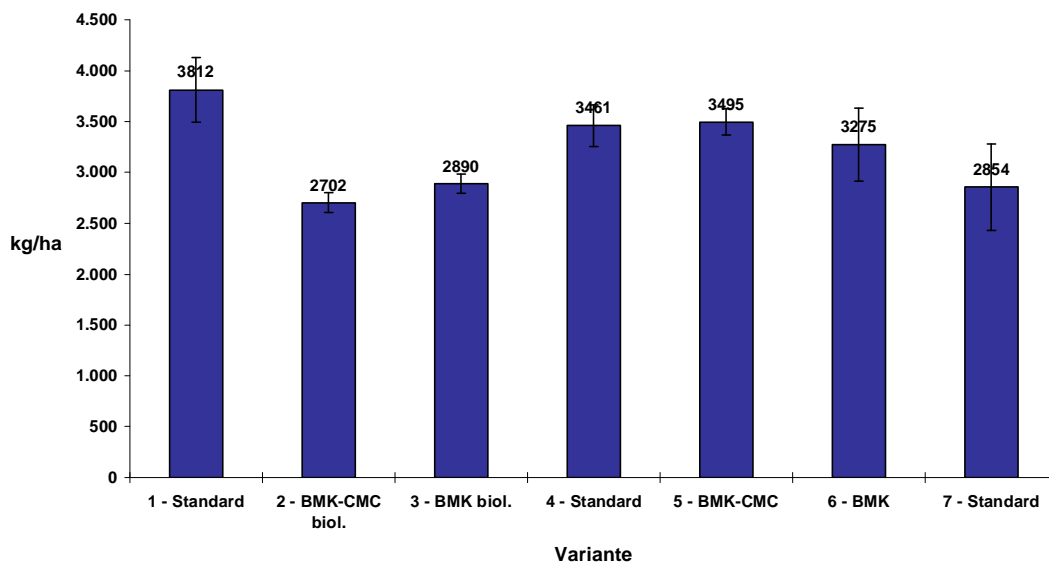


Abbildung 3.24: Ernteerträge 1994 (Sojabohne), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt (Standardabweichung in I-Symbolen).

Die zwei biologischen Varianten sowie die Variante 7 fielen durch deutlich niedrigere Erträge auf. Die Entwicklung der Soja hinkte in diesem Jahr bei Var. 2 und 3 der normalen Entwicklung auf den übrigen Varianten hinterher, was daran liegen könnte, dass auf diesen beiden Varianten Grünroggen (Zwischenfrucht) „eingetillert“ wurde. Der intensive Hasen- und Wildverbiss in den ohnehin geschwächten Variante 2 und 3 tat ein Übriges, um den Ertrag zu reduzieren. Der geringere Ertrag in Var. 7 (im Vergleich zu den beiden Standards Var. 1 und Var. 4) zog sich fast durch den gesamten Versuch. Eine Erklärung dafür sind evtl. die Bodeninhomogenitäten, siehe Abb. 3.24.

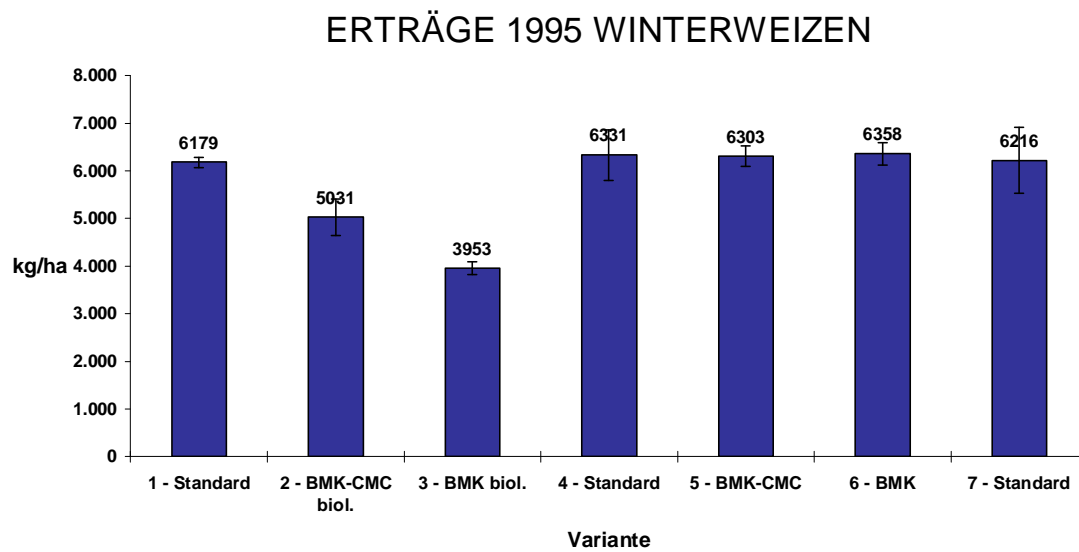


Abbildung 3.25: Ernteerträge 1995 (Winterweizen), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt (Standardabweichung in I-Symbolen).

Die Ertragsdepression der biologischen Varianten 2 und 3 war deutlich erkennbar. Im Vergleich zum mineralischen Handelsdünger, welcher zu günstigen Zeitpunkten gestreut werden kann und unmittelbar verfügbar wird, ist der Kompost-Stickstoff nicht in der Lage, die Pflanze im selben Ausmaß und zum gewünschten Zeitpunkt optimal zu versorgen. Angemerkt wird, dass die Versorgung der mineralisch gedüngten Varianten bei 100 kg Rein-N lag, während die Varianten 2 und 3 durch Kompost nur ca. 40 – 60 kg anrechenbaren Rein-N erhielten, siehe Abb. 3.25.

ERTRÄGE 1996 WINTERGERSTE

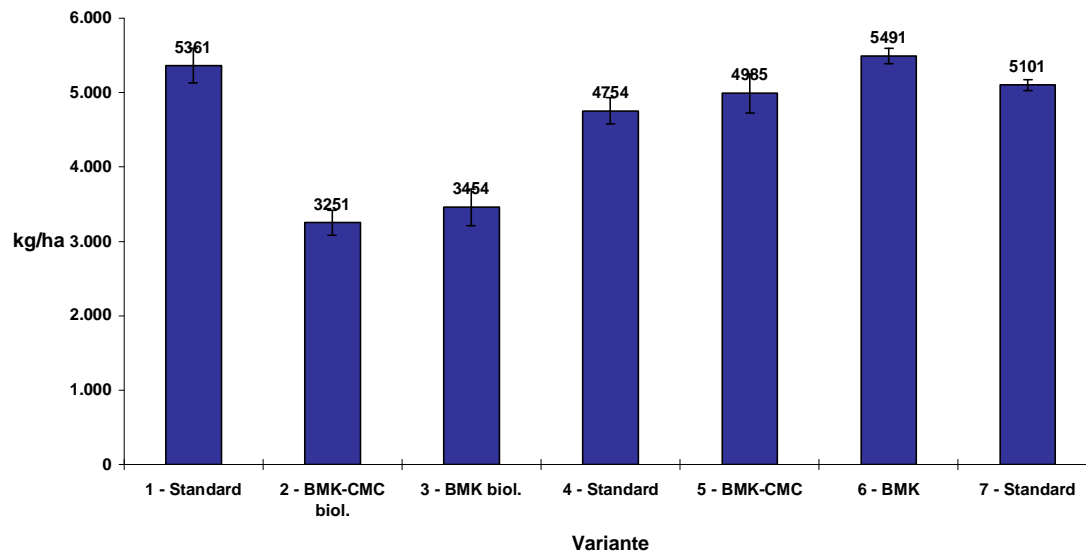


Abbildung 3.26 Ernteerträge 1996 (Wintergerste), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt (Standardabweichung in I-Symbolen).

Für die Wintergerste wiederholte sich die Situation des Vorjahres, siehe Abb. 3.26.

ERTRÄGE 1997 FUTTERERBSE

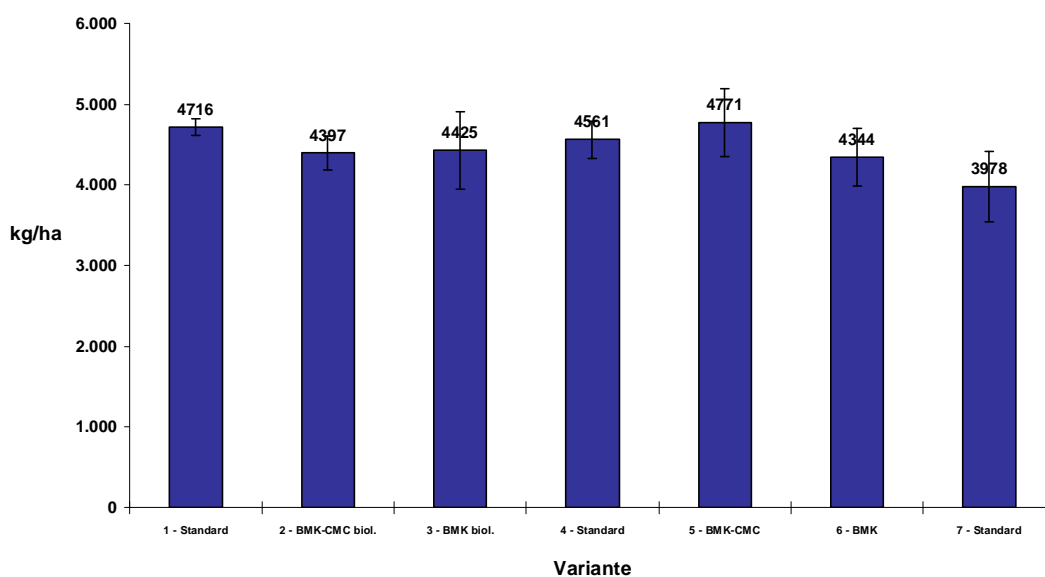


Abbildung 3.27 Ernteerträge 1997 (Futtererbse), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt (Standardabweichung in I-Symbolen).

1997 wurde kein mineralischer Handelsdünger ausgebracht, die Ernte fiel für alle Varianten vergleichbar hoch aus, siehe Abb. 3.27.

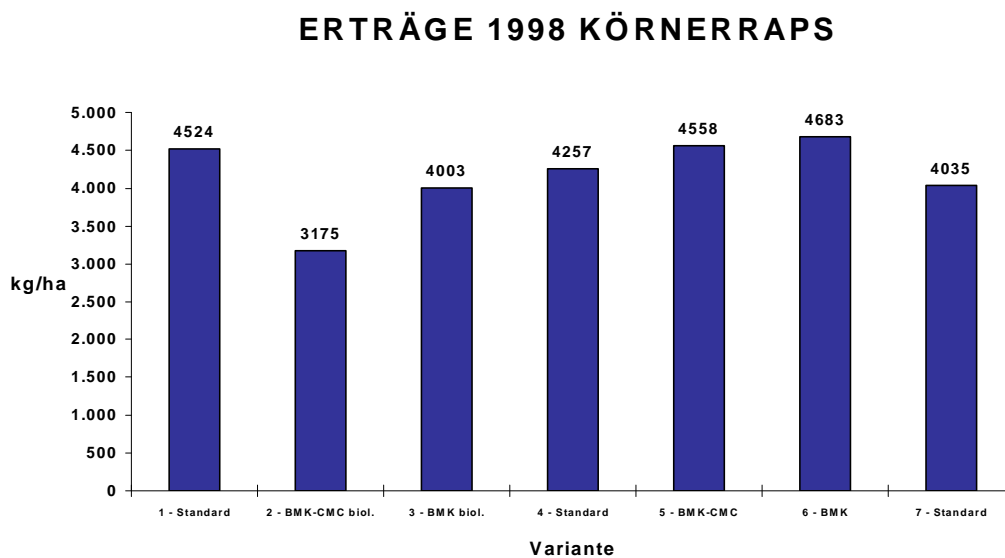


Abbildung 3.28 Ernteerträge 1998 (Körnererbsen), berichtigt auf 9 % Feuchtigkeitsgehalt.

Wieder waren die biologischen Varianten die schwächsten, die übrigen zeigten vergleichbar hohe Erträge. Auffällig war, dass auch für Variante 3 Erntemengen im Bereich der übrigen Varianten gemessen wurden, obwohl diese Varianten mit 131 kg N/ha im Vergleich zu Variante 3 reichlich mit Stickstoff versorgt wurden, siehe Abb. 3.28.

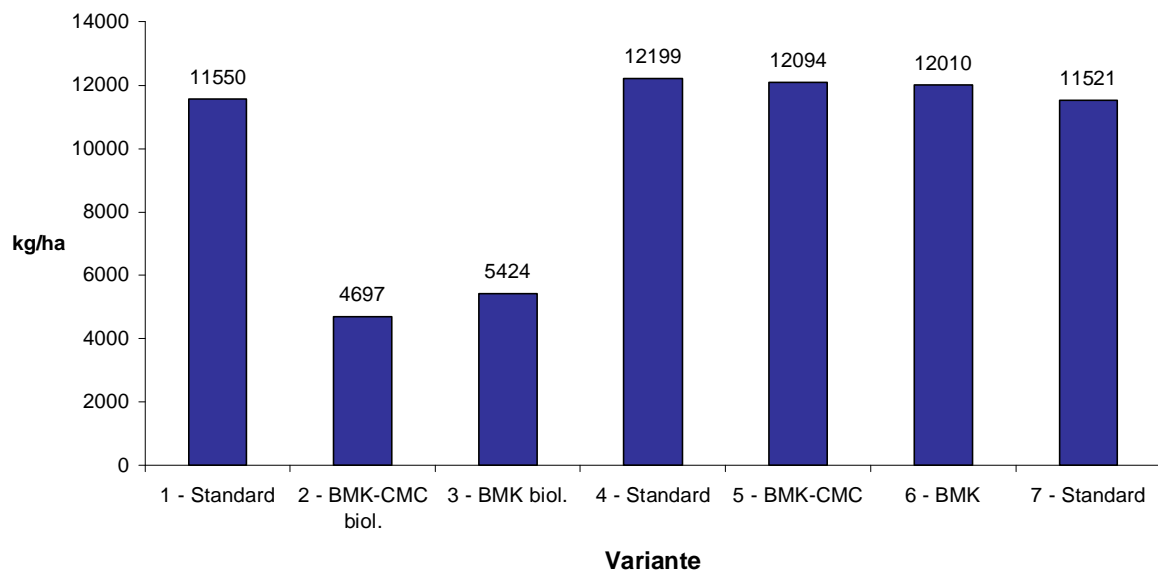
ERTRÄGE 1999 KÖRNERMAIS

Abbildung 3.29 Ernteerträge 1999 (Körnermais), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt.

Äußerst deutlich fiel der Vergleich für das Jahr 1999 aus: Die biologischen Kompostvarianten (2 und 3) lagen deutlich unter allen anderen Varianten. Die Stickstoffversorgung lag bei 145 kg N/ha für die konventionellen Varianten und Standards, während für die reinen Kompostvarianten 55 – 65 kg N/ha anrechenbar sind, siehe Abb. 3.29

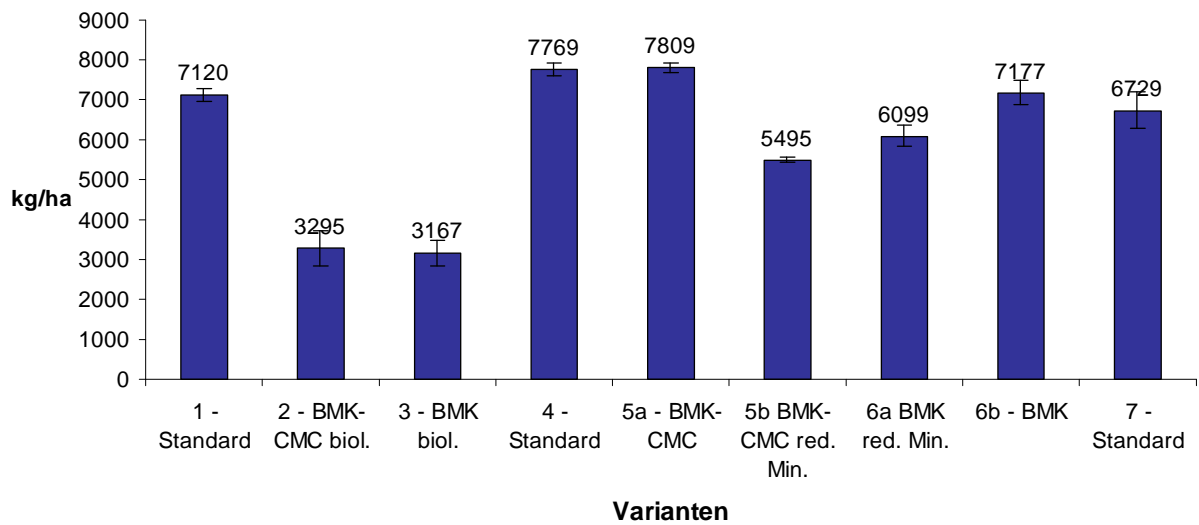
ERTRÄGE 2000 WINTERWEIZEN

Abbildung 3.30: Ernteerträge 2000 (Winterweizen), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt.

Die Ertragslage 2000 lässt sich analog zur N-Versorgung charakterisieren: die bestversorgten Varianten (1, 4, 5a, 6b und 7) lieferten die höchsten Erträge, mittelmäßig versorgte Varianten (5b und 6a) lieferten mittlere Erträge und die geringsten Erträge warfen die biologischen Kompostvarianten (2 und 3) ab, siehe Abb. 3.30.

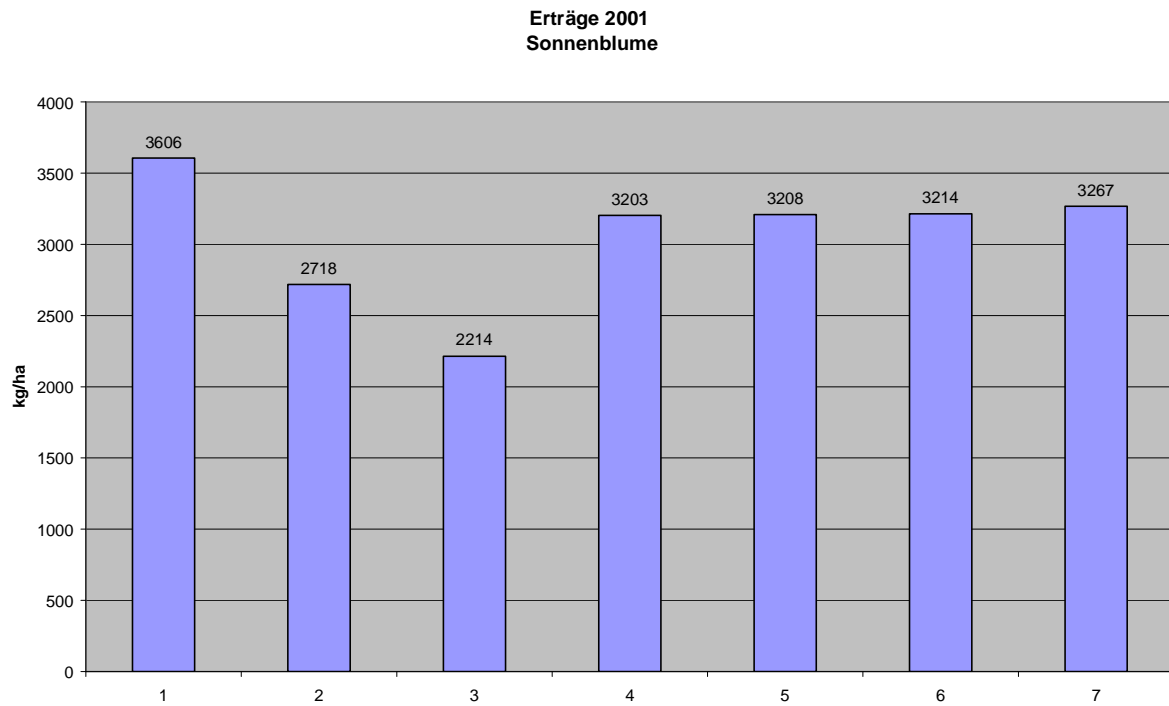


Abbildung 3.31: Ernterträge 2001 (Winterweizen), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt.

2001 war die Ertragslage ähnlich den Vorjahren, ebenfalls im Zusammenhang mit der N-Versorgung : die bestversorgten Varianten (1, 4, 5, 6 und 7) lieferten ähnlich hohe Erträge, die geringsten Erträge warfen die biologischen Kompostvarianten (2 und 3) ab, siehe Abb. 3.31.

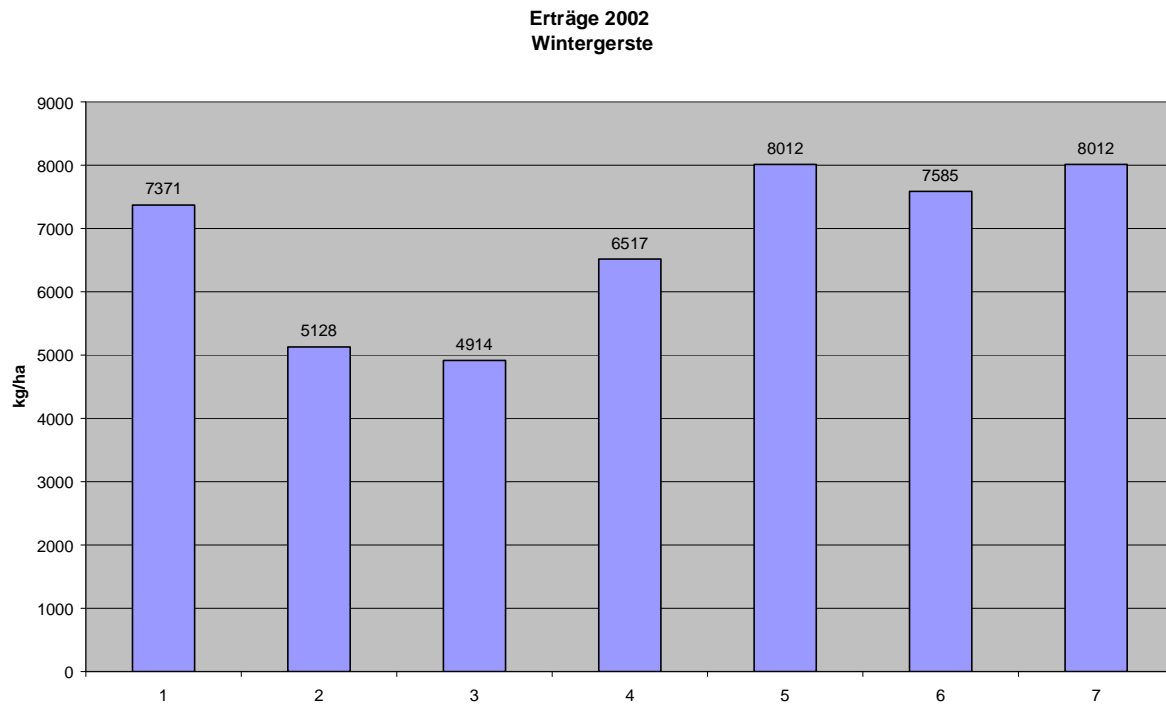


Abbildung 3.32: Ernteerträge 2002 (Winterweizen), berichtigt auf 14 % Feuchtigkeitsgehalt.

2002 waren die Erträge ähnlich verteilt wie in den Vorjahren, hohe Erträge für die Varianten (1, 5, 6 und 7), etwas niedriger als zuvor der Standard 4, deutlich geringere Erträge für die biologischen Kompostvarianten (2 und 3), siehe Abb. 3.32.

4 Zusammenfassung

4.1 Versuchsanlage

Untersucht wurden die Auswirkungen der Kompostanwendung (Bäuerlicher Mischkompost = BMK) im Vergleich zu mineralischer NPK-Düngung auf mehreren Varianten: Auf Var. 1, 4 und 7 (Standards) wurde kein Kompost ausgebracht, wohl aber mineralische Düngung sowie Pflanzenschutzmittel angewandt. Auf allen übrigen Varianten (3 und 4 sowie 5 und 6) wurde Kompost angewandt. Variante 3 (BMK-CMC biol.) und 4 (BMK biol.) wurden ohne Mineraldünger sowie ohne Pflanzenschutzmittel bewirtschaftet und unterschieden sich nur durch die zusätzliche Anwendung des CMC-Bakterienstarters. Auf Variante 5 (BMK-CMC) und 6 (BMK) wurden zusätzlich zum Kompost Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel angewandt. Der Versuch begann 1993 und wurde 2002 abgeschlossen (10 Jahre).

4.2 Fruchtfolge

Die 7 Versuchsvarianten wurden mit folgender Fruchtfolge bestellt:

1993 Körnermais, 1994 Sojabohne, 1995 Winterweizen, 1996 Wintergerste, 1997 Futtererbse, 1998 Körnerraps, 1999 Körnermais, 2000 Winterweizen, 2001 Sonnenblume, 2002 Wintergerste.

4.3 Kompostqualitäten

Der ausgebrachte Kompost wurde jedes Jahr, (für 2001 und 2002 liegen keine Befunde vor) auf folgende Eigenschaften untersucht:

- Physikalische Eigenschaften (Wassergehalt, Trockenmasse, Wasserkapazität, Feuchtdichte);
- Chemische Eigenschaften (pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, org. Substanz, Glührückstand);
- Nährstoffe (N-Kjeldahl, NO₃-Stickstoff, NH₄-Stickstoff, C/N, P₂O₅gesamt, P₂O₅-CAL, K₂Ogesamt, K₂O-CAL, CaO, Mg, B-HWL);
- Schwermetalle (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd, Hg)

4.4 Bodenkundliche Ausgangssituation

Im Frühjahr 1993 wurden, nach vorhergehender Kartierung des Geländes und Feststellung des strukturellen Bodenzustandes, 3 repräsentative Bodenprofile innerhalb der Versuchspartellen geöffnet, beschrieben und in den Tiefenstufen 0 – 20 cm, 20 – 40 cm und 40 – 60 cm beprobt. Bei allen 3 Profilen handelte es sich um pseudovergleyte Lockersediment-Braunerden auf Decklehm.

4.5 Kompostaufbringung

Die Aufbringungsmengen lagen zwischen 12 und 24 Tonnen Trockenmasse pro Jahr und waren damit sehr hoch.

4.6 Bodenprobennahme

In bestimmten Intervallen wurden in der Tiefenstufe 0-25 cm Proben in ungestörter Lagerung (Stechzylinder) und in gestörter Lagerung (Mischproben) entnommen.

4.7 Installierung der Saugkerzenanlage

Um die Auswirkungen von Kompost auf das Grundwasser in Bezug auf Nitrat zu erfassen, wurden 2 Saugkerzenanlagen installiert. Jeweils eine Saugkerzenanlage war für die kontinuierliche Beprobung von zwei Parzellen ausgelegt. Mit diesen Anlagen wurde das Sickerwasser unterhalb der Wurzelzone erfasst. Beprobt wurden 3 Varianten, nämlich Variante 3 (BMK biol.), Variante 4 (Standard) in zweifacher Wiederholung und Variante 5 (BMK-CMC) im Zeitraum vom 01.11.1998 bis 25.03.2003. Um die Nitratfracht zu ermitteln wurde mit Hilfe des Bodenwasserhaushaltsmodells SIMWASER die Sickerwassermenge berechnet und für den Zeitraum 01.11.1998 bis 25.03.2003 mit den gemessenen Nitratkonzentrationen die Nitratfracht ausgewertet.

4.8 Erosionsversuche

Um die Wirkung von Kompost auf die Erosionsanfälligkeit des Bodens zu überprüfen, wurden in den Jahren 1999 und 2002 und 2004 Teilbereiche der Versuchspartzellen „Konventionell“, „bäuerlicher Mischkompost“ und „CMC Kompost“ mit Hilfe eines Regensimulators künstlich beregnet. Bei diesen Versuchen wurden Bodenabträge und Oberflächenabflüsse gemessen. Zusätzlich wurden in einzelnen Jahren bei den Versuchen noch verschiedene andere Parameter auf den für die Beregnungen verwendeten Partzellen ermittelt. Dabei handelte es sich um chemische Parameter (organische Substanz, Gesamtphosphorgehalt im Oberflächenabfluss) und bodenphysikalische Parameter (gesättigte Wasserleitfähigkeit, Rohdichte, Scherspannung, Oberflächenrauigkeit).

4.9 Ergebnisse

Bei der Untersuchung der Bodenprofile konnte man aus den Werten von pH, N, Humus zunächst auf eine relativ gute Homogenität des Standortes schließen. Typisch waren die Abnahme mit der Tiefe von N-Kjeldahl und Humus. Allerdings deuteten die CaCO_3 -Werte auf eine Inhomogenität des Versuchsfeldes hin. Der Grund dafür dürfte weniger das Ausgangsmaterial, sondern eine inhomogene, ungleichmäßige Kalkung des Solums vor Versuchsbeginn.

Durch die Zunahme des Humusgehaltes führte die Kompostausbringung bei allen Parzellen zu einer deutlichen Zunahme der Aggregatstabilität von 1998 zu 2002. Der Vergleich zwischen biologischem und nicht biologischem Kompost brachte dagegen keine nennenswerten Unterschiede, ebenso wenig die Zugabe von CMC-Bakterienpräparat. Leider bestand keine Möglichkeit eines Vergleiches mit dem Versuchsbeginn (1993).

Hinsichtlich pH-Wert blieben durch die Kalkung alle Parzellen im neutralen bis leicht alkalischen Bereich, allerdings ergab sich über die Jahre ein kontroverser Verlauf des Carbonatgehaltes, der schwierig zu interpretieren ist.

Der CaCO_3 -Gehalt zeigte die Inhomogenität des Versuchsfeldes. Die straßenseitig gelegenen Parzellen (1 – 3 oder 4) wiesen deutlich höhere Gehalte sowohl im Jahr 1993 als auch 1998 auf.

Die Gehalte an N-Kjeldahl blieben in den Standards mehr oder minder gleich oder nahmen sogar ab, während alle Kompostvarianten einen leichten Anstieg zeigten. Die nicht biologischen Kompostvarianten schnitten im Durchschnitt etwas besser ab als die biologischen. Das dürfte durch die mineralische N-Düngung zu erklären sein. Dagegen brachte der Einsatz von CMC-Bakterien keinen sichtbaren Erfolg.

Auch für die C/N-Verhältnisse zeigte sich ein ähnliches Bild wie für N, nämlich eine sichtliche Steigerung nach 5 Jahren für alle Parzellen.

Bezüglich Humusgehalt blieben die Standards weitgehend unverändert, während es in den Kompostvarianten deutlich stetige Zunahmen, bis 1,5 %-Punkte Humus, gab. Ein Vergleich zwischen biologischen und nicht biologischen Kompostparzellen zeigte, dass die biologische Bewirtschaftung, also ohne zusätzliche NPK-Mineraldüngung, längerfristig mehr zur

Erhaltung bzw. Steigerung der Humusgehalte beiträgt. Wieder hatte auch hier der CMC-Bakterieneinsatz bei der Kompostierung keinen sichtbaren Einfluß. Die Humuszahlen entsprachen den Tendenzen der Humusgehalte.

Der Einsatz von Kompost brachte durch die hohen P-Frachten die P_2O_5 -CAL-Gehalte von hoch (1993) zu sehr hoch (2002). Unter den Kompostvarianten bewährte sich vor allem die biologische Bewirtschaftung. Auch für diesen Bodenparameter schien der CMC-Einsatz erfolglos.

Für K_2O -CAL ergab sich ein analoges Bild wie für Phosphor, deutliche Zunahmen waren in den Kompostvarianten 2, 3, 5 und 6 zu verzeichnen, die Standards gingen deutlich zurück.

Ein Vergleich zwischen 1993, 1998 und 2002 erbrachte keine wesentlichen Änderungen in den Schwermetallgehalten. Einzig Zink, welches generell im Kompost der Fachschule Ritzlhof vermehrt nachgewiesen wurde, ließ auch im Boden einen leichten Zuwachs in den Kompostvarianten (2, 3, 5, 6) erkennen. Die erhöhten Zinkgehalte waren in erster Linie auf das Beimischen von Schweinemist (Aufstallungssystem, Fütterung) zurückzuführen

Aufgrund fehlender Daten für mikrobiologische Untersuchungen aus früheren Jahren war kein Vergleich zur Ausgangssituation möglich, wohl aber Vergleiche zwischen den Varianten. Die Aussagekraft der vorliegenden Daten war allerdings gering, was auf mehrere Varianten, tiefe Werte bei der Herbstreihe, im Frühjahr aber den gegenläufigen Trend. Aspekte zurückzuführen sein dürfte. Der wohl wichtigste Aspekt war die unterschiedliche Bodenbearbeitung im Laufe der Jahre (Ackerung, Fräsen, u. a., siehe Kulturmaßnahmen). Außerdem muss man berücksichtigen, dass außer Düngung auch Pflanzenschutzmaßnahmen für „biologische“ bzw. für konventionelle Varianten gezwungenermaßen unterschiedlich waren. Für mikrobiologische Untersuchungen wäre es notwendig, die Beprobung auf die oberste Schicht zu beschränken (z. B. oberste 5 cm), da sich die meisten Effekte in Beprobungen, welche aus tieferen Bodenschichten stammen, mit dem Tiefengradienten abschwächen und damit verfälschen.

Aufgrund der genannten Ausgangssituation ist die Interpretation dieser Ergebnisse schwierig. Am unregelmäßigsten fiel die N-Mineralisation aus. So zeigten für diesen Kennwert mehrere Varianten tiefe Werte bei der Herbstreihe, im Frühjahr aber den gegenläufigen Trend. Für die Frühjahrstreihe ließ sich am deutlichsten bei der Xylanase-Aktivität, jedoch auch bei

allen anderen mikrobiologischen Untersuchungen ein Trend beobachten, welcher die konventionellen Kompostvarianten (v. a. Var. 6: BMK) als die mit den höheren Werten auswies. Die alkalische Phosphatase war am ausgeglichensten zu bewerten. Obwohl die Kompostvarianten besser mit anorganischem Phosphat versorgt waren als die Standards, zeigte erstaunlicherweise eine Kompostvariante (Var. 6: BMK) eine erhöhte Phosphatase-Aktivität. Für die Xylanase war im Herbst in allen Kompostvarianten eine erhöhte Aktivität feststellbar. Die konventionellen Kompostvarianten zeigten erhöhte Aktivitäten. Die Werte des Biomasse-N fielen im Frühjahr generell höher aus.

1993 und 1997 war die Ertragslage für alle Varianten ähnlich hoch. In diesen Jahren wurde kein Mineraldünger ausgebracht, wodurch der Ertragsvorteil der konventionellen Varianten und der Standards gegenüber den nur durch Kompost mit Nährstoffen versorgten Varianten ausblieb.

In allen übrigen Jahren, 1994, 1995, 1996, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, zeigte sich die Wirkung des mineralischen N deutlich durch durchschnittlich höhere Erträge. Dagegen blieben die rein biologischen Varianten sichtlich darunter. Der Grund dafür scheint zu sein, dass im Vergleich zum mineralischen Handelsdünger, welcher zu günstigen Zeitpunkten gestreut werden kann und unmittelbar verfügbar wird, der Kompost-Stickstoff nicht in der Lage ist, die Pflanze im selben Ausmaß und zum gewünschten Zeitpunkt optimal zu versorgen.

Mit der Kompostausbringung wurden folgenden Mengen an Nährstoffen eingebracht:

60-300 kg/ha.a Gesamt-N, 250-350 kg Gesamt P₂O₅/ha.a, 100-180 kg CAL-P₂O₅ /ha.a, 280-350 kg Gesamt K₂O /ha.a, 170-230 kg CAL-K₂O /ha.a, 3,3-3,8 t organische Substanz /ha.a, 1200-1400 kg CaO /ha.a .

Bezüglich Schwermetalleinträge, überschritten die Kompostvarianten nach den Grenzwerten der OÖ Grenzwert VO 2006 Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, und Cd die zulässigen jährlichen Frachten häufig.

Die Kompost VO 2001 teilt die Komposte je nach Schwermetallbelastung in die Klassen A+, A und B ein. Aufgrund der Zn-Gehalte (Ursache: Schweinemist und Aufstallungssystem am Ritzlhof) fielen alle Komposte bis auf die BMK-CMC-Komposte 1999 und 2000 in die Kompostklasse II und unterlagen somit der Aufwandmengenbeschränkung (AMB). Die tatsächlich ausgebrachten Kompostmengen überschritten diese Aufwandmengenbeschränkung allerdings in keinem Fall. Komposte der Kompostklasse I

unterliegen keiner Aufwandmengenbeschränkung.

Die Nitratkonzentrationen schwankten sowohl zwischen den Jahren als auch innerhalb des Jahres stark, wobei bei einem insgesamt unruhigen Kurvenverlauf die Variante 3 am beständigsten blieb. Der NO_3 -Gehalt dieser Variante erreichte maximal 97 mg/L. Hohe Peaks wiesen die Wiederholungen von Variante 4 (Standard), sowie Variante 5 (BMK-CMC) auf. Die Ammoniumkonzentrationen waren im Vergleich zu den Nitratkonzentrationen gering. Phosphor im Sickerwasser wurde vor Allem auf der Variante 5 BMK-CMC in erhöhter Konzentration gemessen.

Die Modellrechnung ermittelte eine Sickerwassermenge von 580 mm bei einem Niederschlag von 1330 mm. Die Berechnung ergab einen unterschiedlich hohen Nitrataustrag zwischen den Varianten von 53 bis 79 kg/ha und eine mittlere Nitratkonzentrationen von 40 bis 61 mg/l. Der höchste Nitrataustrag und die höchste Nitratkonzentration wurde bei der Variante 5 ermittelt und die geringsten bei der Variante 3. Die beiden Messstellen auf der Parzelle "Standard" unterscheiden sich beim Nitrataustrag um 10 kg/ha und bei der Nitratkonzentration um ca. 9 mg/l.

Die erhaltenen Ergebnisse zeigen generell einen Unterschied zwischen konventioneller Variante und den verschiedenen Kompostvarianten, wobei sowohl mit Variante 5 (CMC-Mischkompost), als auch Variante 6 (Mischkompost) geringere Bodenabtragsraten im Vergleich zur konventionellen Variante gemessen wurden. Einer statistisch gesicherten Aussage zur Bewertung der konventionellen Variante im Vergleich zu den Kompostvarianten für die einzelnen Versuche stehen Probleme bei der Versuchsdurchführung entgegen. Für eine positive Wirkung des Kompostes auf das Erosionsverhalten spricht allerdings, dass in allen direkten Vergleichen (Versuch 1999, 2002, 2004) eine abtragsreduzierende Wirkung festgestellt werden konnte. Das Ausmaß dieser Reduktion war sehr variabel, wie auch die Bodenabträge generell eine hohe Variabilität zwischen den einzelnen Versuchen aufwiesen. Ein Vergleich zwischen den Bodenabträgen des Jahres 2002 und 2004 zeigt z.B. einen generellen Unterschied in der Höhe von einer Zehnerpotenz – ein Hinweis auf die hohe zeitliche Variabilität der Erosionsempfindlichkeit von Böden während eines Jahres. Grundsätzlich waren aber sowohl der Abfluss als auch der Bodenabtrag unter Berücksichtigung der simulierten Regenmenge und Regenintensität bei allen durchgeführten Berechnungen vergleichsweise niedrig. Eine eindeutige Aussage über einen Einfluss der Anwendung von Mischkompost oder CMC-Kompost auf das Oberflächenabfluss- und Bodenabtragsverhalten bei Niederschlägen im Vergleich mit einer Bewirtschaftung ohne

Kompostanwendung kann aus den Ergebnissen der durchgeführten Regensimulationen nicht abgeleitet werden.

Die im Oberflächenabfluss gelösten Mengen an Phosphor (Berechnungsversuch 2004) zeigen allerdings auch auf, dass mit einer erhöhten Aufwandsmenge an Phosphordünger, wie sie in diesem Versuch betrieben wurde (die konventionellen Kompostvarianten erhielten nicht nur Kompost, sondern auch anorganische Dünger) auch ein Gefahrenpotential verbunden ist.

4.10 Schlußfolgerungen

Abschließend kann man auf die in der Einleitung gestellten Versuchsfragen wie folgt beantworten:

1) Hat der Einsatz der Kompostausbringung eine Düngewirkung?

Kompost hat sicherlich eine Düngewirkung, allerdings war das Versuchsdesign (zusätzliche Mineraldüngung auf den Kompostparzellen) nicht geeignet (und auch nicht dafür konzipiert), um eine alleinige Düngewirkung von Kompost feststellen zu können. Wenn man die Düngewirkung an den Erträgen misst, dann muss man die Frage nach der Düngewirkung allerdings mit nein beantworten. Die Bodengehalte an pflanzenverfügbaren P und K werden zwar enorm erhöht, aber der Kompost-Stickstoff scheint im Vergleich zum mineralischen N langsamer zu wirken, sodass die Erträge der rein biologischen Parzellen praktisch über alle Versuchsjahre die niedrigsten waren.

2) Gibt es andere Effekte als die Düngewirkung bei der Ausbringung von Komposten in der Landwirtschaft? Wenn ja, können sie quantifiziert werden?

Ja, Kompost kann die Humusversorgung längerfristig erhöhen, das konnte auch quantifiziert werden. Damit ist auch eine Strukturstabilisierung gekoppelt, die im Anstieg der Aggregatstabilität messbar war. Daran gekoppelt sollte auch die Erosionsgefährdung reduziert sein. Auch dies konnte durch die Erosionsversuche belegt werden. Die Zufuhr von großen Mengen Stickstoff, Phosphor und Kali führen allerdings dazu, dass das Auswaschungspotential sowohl an der Oberfläche, als auch in das Grundwasser zunimmt. Dies wurde durch Messungen der Nitratkonzentration, Modellrechnungen und Erosionsversuche gezeigt.

3) Gibt es Unterschiede zwischen verschiedenen Kompostierungsverfahren im Hinblick auf derartige Effekte?

Generell wurden Unterschiede vor allem zwischen Standardvarianten und den Varianten mit Kompostausbringung festgestellt. Unterschiede zwischen den verschiedenen

Kompostierungsverfahren (CMC Kompost und BMK) waren zumindest mit der vorliegenden Versuchsanstellung nicht feststellbar.

4) Hat der Einsatz von üblichen chemisch-synthetischen Betriebsmitteln (Dünge- und Pflanzenschutzmittel) einen Einfluss auf diese Effekte?

Diese Frage kann durch diesen Versuch nicht eindeutig beantwortet werden.

5) Filterwirkung des Bodens (Reinigungswirkung im Hinblick auf die Grundwasser- bzw. Gewässerqualität)?

Die Zufuhr von großen Mengen Stickstoff und Phosphor auf den Varianten mit Kompostausbringung kann zu einer Belastung des Grund- und Oberflächenwassers führen. Die erhöhten Phosphorausträge im Oberflächenabfluss konnten allerdings im Versuch durch eine höhere Erosionsresistenz kompensiert werden. Für die Berechnung der Nitratfrachten ins Grundwasser konnte keine eindeutige Verschlechterung oder Verbesserung durch eine Versuchsvariante festgestellt werden.

6) Regenerationsvermögen des Bodens bei Bodenbelastungen?

Der durch Kompostausbringung höhere Humusgehalt erhöht mit Sicherheit die mechanische Belastbarkeit des Bodens; allerdings wurden keinerlei Untersuchungen vorgenommen, die diesen Effekt direkt hätten charakterisieren können.

7) Stabilität des Bodens (z. B. Strukturstabilität bzw. Erosionsstabilität)?

Dies ist im jeden Fall gegeben, siehe Punkt 2).

8) Erhöhung des natürlichen Ertragspotentials des Bodens?

Scheinbar nicht .

9) Boden als Kohlenstoff-Depot, Beitrag des Bodens zur aktuellen CO₂-Problematik?

Das kann man mit diesem Versuch nicht beantworten.

5 Literatur

- Amato, M. and J.N. Ladd (1988):** Assay for microbial biomass based on ninhydrin-reactive nitrogen in extracts of fumigated soils *Soil Biol. Biochem.* 20:107-114.
- Amlinger, F. (1993):** Handbuch der Kompostierung, Ludwig-Boltzmann-Institut für biologischen Landbau und angewandte Ökologie.
- Azazoglu, E., P. Strauss,, I. Sisák und W.E.H. Blum (2002):** Einfluß der Wasserqualität auf Oberflächenabfluß, Bodenabtrag und Infiltration – Ein Beregnungsversuch in Ungarn. *Mitt. Österr.Bodenkundl.Ges.* 65, 25-33.
- Beck, T. (1990):** Der Einfluss langjähriger Bewirtschaftungsweisen auf bodenmikrobiologische Eigenschaften. *Kali-Briefe* 20:17-29.
- BMFL, (1999):** Richtlinien für die sachgerechte Düngung.- Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Bodenwirtschaft.
- BMLF, (1999):** Anwendungsrichtlinie für Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz. Geschäftsstelle: BFL, Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Bodenwirtschaft.
- BMLFUW, (2005):** Phosphataustrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Oberösterreich. Endbericht im Auftrag des BMLFUW und des Landes Oberösterreich-GZ:71.040/04-VIII/03.
- BZI für Oberösterreich (1993):** „Bodenzustandsinventur für OÖ“, 1993.
- Eivazi,F. and M.A. Tabatabai, (1977):** Phosphatases in soils. *Soil Biol. Biochem.* 9:167-172.
- Feichtinger, F. (1998):** STOTRASIM – Ein Modell zur Simulation der Stickstoffdynamik in der ungesättigten Zone eines Ackerstandortes. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Bd. 7, 14-41.
- Hoffmann, G. (1968):** Eine photometrische Methode zur Bestimmung der Phosphatase-Aktivität in Böden. *Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde* 118:161-172.
- Juma, N. G. und M.A. Tabatabai (1988):** Comparison of genetic and thermodynamic parameters of Phosphomonoesterases of soils and corn and soybean roots. *Soil Biol. Biochem.* 20:533-539.
- Kandeler, E. und G. Eder (1990):** Bodenmikrobiologische Prozesse und Aggregatstabilität einer 25jährigen Dauerbracheffläche mit unterschiedlicher mineralischer und organischer Düngung. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 62:63-66.
- Keeney, D. R. (1982):** Nitrogen-availability indices. In: Page A. L., Miller R. H., Keeney D. R. (eds.) *Methods of Soil Analyses, Part 2.* Am. Soc. Agron. Inc., Madison Wisconsin, USA, p. 711.
- Kompost VO, (2001):** 292. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung).- 14.08.2001
- Lübke, S.U (199?):** Die CMC Humusbestimmung.
- Onstad, C. A., M. L. Wolfe, C. L. Larson and D. C. Slack (1984):** Tilled Soil Subsidence During repeated Wetting. *Trans. ASAE* 733-736.
- Roth, C.H. (1992):** Die Bedeutung der Oberflächenverschlammung für die Auslösung von

Abfluss und Abtrag. Bodenökologie und Bodengeneese, 6. Technische Universität Berlin.

ÖNORM L 1081 (1999): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch Nassoxydation.

ÖNORM L 1082 (1999): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von Stickstoff nach Kjeldahl.

ÖNORM L 1083 (2006): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Acidität (pH-Wert).

ÖNORM L 1084 (2006): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von Carbonat.

ÖNORM L 1085 (1999): Chemische Bodenuntersuchungen – Säureextrakt zur Bestimmung von Nähr- und Schadelemente.

ÖNORM L 1087 (1999): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von „Pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium nach der Doppel-Lactat-Methode (DL-Methode)des organischen Kohlenstoffs durch Nassoxydation.

ÖNORM L 1091 (1999): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von mineralischem Stickstoff – Nmin-Methode.

ÖNORM S 2023: Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Komposten.

ÖNORM 2200: Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen.

Pang, P. C. K. and H. Kolenko (1986): Phosphomonoesterase activity in forest soils. Soil Biol. Biochem. 18:35-40.

Murer E.J., Baumgarten A., Eder E., Gerzabek M.H., Kandeler E., Rampazzo N. : An improved sieving machine for estimation of soil aggregate stability (SAS). Geoderma, 56, 539-547, 1993

Schinner, F., R. Öhlinger, E. Kandeler und R. Margesin (1993): Bodenbiologische Arbeitsmethoden, Springer Verlag, Berlin.

Schinner, F., and W. von Mersi (1990): Xylanase-, CM-Cellulase and Invertase activity in soil: an improved method. Soil Biol. Biochem. 22:511-515.

Stenitzer, E. (1988): SIMWASER – Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standorts. Mitteilungen aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, A-3252 Petzenkirchen.

Strauss, P., J. Pitty, M. Pfeffer and A. Mentler (2000): Rainfall Simulation for Outdoor Experiments. In: P. Jamet, J. Cornejo (eds.): Current research methods to assess the environmental fate of pesticides. pp. 329-333, INRA Editions.

Strauss, P. (2001): Runoff, soil erosion and related physical properties after 7 years of compost application. Proceedings of the Workshop on „Applying compost – benefits and needs. Brussels, 22.11.-23.11.2001, 219-224, ISBN 3-902338-26-1.

Wasserrechtsgesetz-Novelle (WRG-Novelle) 1990, BGBl. Nr. 252/1990.

6 ANHANG

6.1 Methodik der CMC Humusbestimmung (nach Lübke)

Zur Verfügung gestellt von Hr. Urs Hildebrand

Herstellung der Extraktionslösung

Natronlauge 0,2 %:

Es werden exakt 2 g Natriumhydroxid mit der elektronischen Waage abgewogen und in einem Liter Aqua dest. aufgelöst. Die Lösung soll nach jeder Entnahme sofort wieder verschlossen und kühl gelagert werden. Zeigen sich in der Suspension Kristalle, so ist die Lösung unbrauchbar und muss wieder neu hergestellt werden.

Ansetzen der Probe

Gut getrocknete Probe (mindestens 12 Stunden bei 50 °C – 70 °C) im Mörser so fein zermahlen, bis auch die noch organischen Anteile (Holz, Stroh, etc.) aufgefaserter sind. Steine können ausgesondert werden. Der durchsichtige Messbecher wird nun zweimal mit der gemörserten Bodenprobe gefüllt und in das Messröhrchen mit der 14 mL-Markierung gegeben. Dies wird nun mit der Natronlauge bis zur Markierung gefüllt, verschlossen, und solange geschüttelt, bis die Probe vollständig aufgelöst ist. Danach wird die fehlende Extraktionslösung bis zur 14 mL-Markierung (Oberkante) aufgefüllt. Messbecher nun mit Humusreagenz halbvoll (bis zur mittleren Markierung) füllen und ebenso in die Lösung geben. Die Probe wird genau eine Minute geschüttelt. Dabei ist auf ein mögliches Aufbrausen zu achten. In diesem Fall Druck vorsichtig entweichen lassen, bei starker Druckentwicklung mehrmals wiederholen. Papier Rundfilter (Whatman-Rundfilter Nr. 6) zweimal gefaltet in Trichter stecken und diesen in das Glasröhrchen. Die geschüttelte Probe wird nun in den Filter geleert.

Auswerten der Probe

Sobald die ganze Suspension durch den Filter gelaufen ist, wird die erhaltene, klare Lösung mit den Farbstandards verglichen. Bei Zwischenwerten können die Standard im Komperator hintereinandergestellt und die beiden Werte addiert werden.

6.2 Auswertung der Chromatogramme

Urs Hildebrandt

6.2.1 Allgemeines

6.2.1.a Geschichte

Chromatographie ist eine Untersuchungsmethode, die in der Chemie in verschiedensten Formen eingesetzt wird.

Die Rundfilter-Chromatographie, die für die vorliegende Studie angewandt wurde, geht zu einem großen Teil auf die Forschungsarbeiten von Dr. Ehrenfried Pfeiffer zurück, der in vielen Jahren minutiöser Studien (Mitte d. 20. Jhdts.) die Standardisierung und wissenschaftliche Interpretation der Rundbild-Chromatographie für Böden, Komposte und Lebensmittel erarbeitete.

Siegfried und Uta Lübke übernahmen das Datenarchiv in den 70er Jahren und führten seine Forschungsarbeiten weiter. Sie stellen dieses Wissen seit mehr als 20 Jahren in Seminaren der Allgemeinheit zur Verfügung.

6.2.1.b Allgemeines zur Interpretation und Erstellung der Chromas

Die Rundfilter-Chromatographie ist ein qualitativer Test, der ein gesamtheitliches Bild über die biologische Aktivität eines Bodens/Kompostes (resp. ‚innere Qualität‘ von Lebensmitteln) liefert.

Die Rundfilter-Chromatographie ist eine Momentaufnahme, da sich die biologische Aktivität eines Bodens innerhalb weniger Wochen verändern kann und damit auch ein anderes Chromabild entsteht.

Es ist daher sinnvoll Boden Chromatogramme regelmäßig zu erstellen, um den Bodenzustand im Wechsel der Jahreszeiten oder im Zusammenhang mit Verbesserungsmaßnahmen richtig beurteilen zu können.

Man kann ein Chromatogramm im weitesten Sinne mit einem einfachen Mikroskop vergleichen, da sich die Aktivität des Bodenlebens und die daraus resultierenden stofflichen Veränderungen auf dem Chromatogramm zeigen.

Ein Chromatogramm wird erstellt indem man ein Medium mit Natronlauge extrahiert und dann auf eine Rundfilterscheibe (Whatman Papier) aufträgt, die mit Silbernitrat vorbehandelt ist. Das Silber coagulierte mit den Humin-/organischen Stoffen und ergibt ein charakteristisches Bild.

Aus diesem Bild lassen sich Informationen über den Zustand der organischen Masse, die Integration der ‚Organik‘ mit den mineralischen Anteilen des

Bodens/Kompostes, die Sauerstoffversorgung, Eiweißumsetzungen, etc. entnehmen.

Es wird grundsätzlich von jeder Probe ein Chroma auf Whatman Papier Nr. 1 und Nr. 4 erstellt. Da diese beiden Papiere unterschiedliches Porenvolumen besitzen und der Vergleich der beiden Bilder wichtige Informationen liefert.

Der Chroma Test baut sich auf dem Wissen auf, dass während der Kompostierung oder der Bodengenese Humus entsteht und im Laufe dieser Prozesse eine Polymerisierung der Substanzen von niedermolekularem Gewicht zu makromolekularem – weniger löslichem – reifem Humus stattfindet.

Die Substanzen werden auf dem Chromatogramm durch die Kapillarwirkung entsprechend ihres Molekular-Gewichtes verteilt.

Daraus ergeben sich die charakteristischen Bilder aus Linien, Zacken, Spitzen, Wellen, etc. Auch das Farbspektrum ist sehr breit gefächert: weiß, rosa, gelb, orange, braun, grün, grau, violett, schwarz, etc.

Weitere Faktoren, die aus einem Rundbild-Chromatogramm ersichtlich sind:

- kolloidale Humusbildung vs. niederwertiger saurer Humus
- unterschiedliche Phasen des Kompostierprozesses (Abbauphase, Umbau und Humusbildungsphase)
- aerobe vs. anaerobe Bedingungen
- allgemeine mikrobiell-enzymatische Aktivität

Das Rundbildchroma ist kein Ersatz für andere Analysen, sondern eine Zusatzinformation, die aus anderen Analysen nicht hervorgeht.

Da Informationen aus den qualitativen Wissenschaften oftmals sehr komplex sind, wird ein Chromatogramm immer in Kombination mit weiteren Werten interpretiert um Fehlschlüsse zu vermeiden. Diese Werte werden als die ‚biologischen Grundparameter‘ eines Bodens/Kompostes bezeichnet.

Zu diesen ‚biologischen Grundparametern‘ gehören unter anderem der Humuswert (nach Lübke, modifiziert von LaMotte), die organische Masse, der aktuelle und potentielle pH-Wert (in dest. Wasser und KCl gemessen), etc.

6.2.2 Interpretation der Chromatogramme

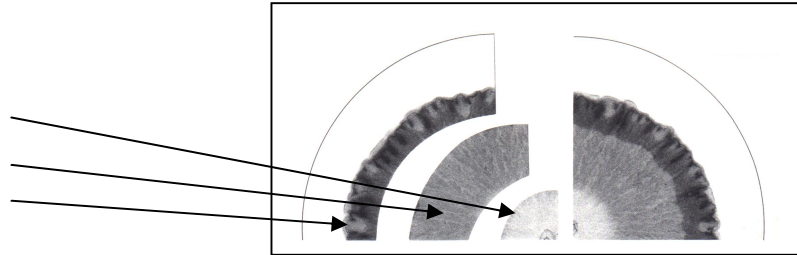
6.2.2.1 Allgemeines

Die Interpretation der Chromatogramme soll, wie bereits erwähnt, immer in Verbindung mit den ‚biologischen Grundparametern‘ eines Bodens erarbeitet werden.

Im vorliegenden Versuch wurde das Chroma in erster Linie in Kombination mit dem Humuswert (nach Lübke) und dem Gehalt der organischen Substanz interpretiert. Der pH-Wert kann nur ‚pauschal‘ in die Interpretation eingebunden werden, da die pH-Werte ausschließlich mit CaCl_2 (anstelle von Aqua dest. und KCl) gemessen wurden und daher auch die Differenz zwischen aktuellem und potentielltem pH-Wert, die wichtige Information über die Pufferkapazität liefert, nicht bekannt ist.

6.2.2.2 Die 3 Zonen eines Chromatogrammes

- Die Zentral-Zone
- Die Mineral-Zone
- Die Eiweiß-Zone



Beispiel für ein Chromatogramm das einen **gut belebten Boden** zeigt, mit vielfältigen mikrobiellen Umsetzungen, einem hochwertigen Humus, guter Bodenatmung, Nährstoffpotential, etc.

Die **Zentralzone** bildet einen großen ‚weißen‘ Kreis

Die **Mineralzone** ist durchzogen von Radiallinien, die einem Nadelbaumzweig ähneln

Die **Eiweißzone** zeigt vielfältige Zacken und Spitzen mit Wolkenbildung über den Spitzen (Nährstoffpotential), gute Enzymaktivität

Die Farben reichen von gelb-orange Tönen bis zu braun-grün Tönen

Foto: Copyright Lübke



Steigende und fallende Tendenz:

Der Unterschied zwischen Whatman Papier Nr. 1 und Nr. 4 zeigt unter anderem die sogenannte ‚Tendenz‘ eines Bodens. Ist das Chroma von Papier 1 besser definiert als Nr. 4 so nennt sich das fallende Tendenz. Umgekehrt spricht man von steigender Tendenz.

Sehr oft zeigen Papier 1 und 4 ein sehr ähnliches Bild, was als gleich bleibende Tendenz bezeichnet wird.

Eine steigende oder fallende Tendenz wird oftmals in extremen Wettersituationen deutlich. Schnelles Verschlämmen, oder umgekehrt lange Toleranz von Regenperioden, Mobilisierung von Nährstoffreserven, etc.

6.2.2.3 Die Chromatogramme der diversen Versuchsflächen

6.2.2.3.a Standard Flächen 1,4,7

Die Standard Versuchsflächen zeigen ein sehr einheitliches Muster hinsichtlich ihrer Entwicklung über die gesamte Versuchsperiode.

Die Ausgangssituation zeigt sich auf den Chromas als sehr schlecht belebter, stark mineralischer Boden, mit wenig organischer Substanz resp. Humusbildung (sehr graue Einfärbung), kaum Umsetzungen im Eiweißbereich und sehr schlechte Bodenatmung (kaum erkennbare Zentralzone). Die Mineralzone ist völlig ‚verwaschen‘ und weist keine Radiallinien auf (3-dimensionale Radiallinien zeigen die Integration des mineralischen Anteiles des Bodens in aktive Lebensprozesse).

Die Veränderung des Bodens bezüglich des Chromabildes ist über die Zeit von 9 Jahren minimal (1. Chroma-Erstellung bis letzte Probenahme). Obwohl der Gehalt der organischen Masse teilweise leicht angestiegen ist, was auf die wiederholte Gründüngung oder Leguminosen zurückzuführen sein dürfte, haben die Lebensprozesse nur sehr wenig von diesem ‚Potential‘ profitiert. Vornehmlich, weil der Boden zu dicht ist und auf Grund der zu geringen Bodenatmung zu wenig aerobe Lebensprozesse stattfinden konnten. Aerobe Bedingungen sind aber die Grundlage für nachhaltige Humusbildung.

Diese Tatsache spiegelt sich im Humuswert (nach Lübke) wider.

Obwohl der Anteil an organischer Masse in einem Teil der Standard-Flächen leicht angestiegen ist, sind alle Humuswerte (mit Ausnahme von 2-3 Werten) gefallen. Das heißt, der Boden kann das ‚Energie-Potential‘ das ihm durch die organische Masse zur Verfügung gestellt wird nicht nützen und verliert an Nachhaltigkeit (Verluste durch Wassererosion und Oxidation). Was sich auch darin bestätigt, dass die Chromatogramme der Standardflächen aus den Jahren 2002 sehr wenig biologische Aktivität zeigen.

Die Chromabilder der Standard-Flächen (1,4,7) aus dem Jahr 2002 zeigen einen ‚armen‘ Boden mit sehr schlechtem Nährstoff Potential (keine Wolkenbildung in der Eiweißzone), schlechter Bodenatmung (fehlendes weißes Zentrum) und nur sehr geringe Eiweißumsetzungen.

Die Eiweißzone zeigt bei den Chromas aus 2002 mehr Aktivität, als 1993, jedoch nur minimal. Die fallende Tendenz, die 1993 sichtbar war, ist 2002 nach wie vor klar erkennbar (Chroma auf Papier 4 zeigt weniger Definition als Papier 1).

Der Hauptunterschied zwischen den Chromas aus 1993, 1998 und 2002 ist die Einfärbung. Die braunere Farbe der Chromatogramme von 2002 weist auf den teilweise angestiegenen Gehalt an organischer Substanz hin. Daraus ergibt sich auch die verbesserte Aktivität in der Eiweißzone (im Vergleich zu 1993 und 1995).

Standard Fläche 4 zeigt (im J. 2002) etwas mehr Aktivität in der Eiweißzone der Chromas - als Fläche 1 und 7.

6.2.2.3.b BMK-CMC biologisch - Fläche 2

Die Chromatogramme der Versuchsfläche 2 - mit Kompostanwendung und Einsatz des CMC-Mikrobenpräparates - zeigen eine sehr deutliche Verbesserung der allgemeinen Aktivität und Bodengesundheit zwischen den Jahren 1993 und 1998. Der ursprünglich sehr stark mineralische Boden, mit sehr wenig biolog. Aktivität zeigt 1998 bedeutend bessere Eiweißumsetzung, Radiallinien und eine beginnende weiße Kernzone.

Diese Qualitätssteigerung setzt sich zwischen 1998 und 2002 nur begrenzt fort. Die Farbe der Chromatogramme ist zwar 2002 viel brauner als in den Vorhergehenden, und in der Eiweißzone ist auch eine Steigerung der Aktivität sichtbar, aber nicht in dem Maße wie die Fortschritte zwischen 1993 – 1998. Die Gründe dafür sind selbstverständlich mannigfaltig, doch zwei Tatsachen stechen heraus. Die Kompostproduktion und die Bearbeitung der Flächen.

Die Kompostproduktion nach CMC muß entsprechend bestimmten Richtlinien erfolgen und definierte Kriterien erfüllen um als hochqualitatives Endprodukt angewendet werden zu können. Leider entsprach das Qualitätsniveau der Komposte die auf die BMK-CMC Flächen ausgebracht wurden oftmals nicht den Kriterien von CMC. Das zeigte sich auch an den Werten des fertigen Produktes, das aus Mangel von Ersatz-Kompost trotzdem ausgebracht werden musste.

Der zweite Faktor war eine Veränderung in der Betreuung der Flächen. Während der ersten Jahre wurden die Versuchsflächen durch landeseigenes Personal bearbeitet, während in den letzten Jahren externe Personen (Maschinenring) zur Betreuung der Flächen herangezogen wurden. Es ist durchaus verständlich, dass ein betriebsfremder Arbeiter im Maschineneinsatz den Maßstäben des Versuches nicht unbedingt gerecht wird. Im Fall des Versuches hat es mit sehr großer Wahrscheinlichkeit dazu beigetragen, daß die großen Fortschritte, die in der ersten Periode erzielt wurden, später nicht mehr so deutlich waren. Die Art und besonders der Zeitpunkt der Maschineneinsätze hatte hier einen Einfluß auf die Bodenatmung, Krümelbildung, Umsetzung der organischen Masse, etc.

Es ist weiters noch festzustellen, dass die Ausgangssituation der Fläche 2 (im Jahr 1993), im Vergleich zu den anderen Versuchsflächen, sehr schlecht war. Beispielsweise Flächen 4,5,6,7 hatten 1993 bereits in etwa das biolog. Aktivitätsniveau das von den anderen Flächen (2,3) erst 1998 erreicht wurde. Aus diesem Grund ist es schwierig die Flächen mit Kompost + ‚biologischer Bearbeitung‘ 2,3 mit den Flächen 5,6 Kompost + ‚konventionelle Bearbeitung‘ zu vergleichen.

Die Chromas, die mit Whatman Papier 4 erstellt wurden, zeigen 2002 einen dunklen ‚Ring‘ um die Kernzone. Das ist ein Hinweis auf eine ‚Übermineralisation‘, die oftmals auf Grund von Sauerstoffmangel auftritt. Da das Jahr 2002 erhöhte Niederschläge aufwies, und die Böden in dieser Wachstumsperiode dadurch eine verschlechterte Sauerstoffzufuhr hatten – ist dies ein wichtiger Faktor bezüglich der Interpretation. Es wäre sinnvoll gewesen, im Jahr 2003 oder später, nochmals Bodenproben zur Untersuchung zu entnehmen, da die Chromatogramme aus dem Jahr 2002 auf Grund der extremen Wetterverhältnisse ein verzerrtes Bild der Boden-Situation vermitteln.

6.2.2.3.c BMK biolog. Fläche 3

Für die Interpretation der Chromatogramme von den BMK biolog. Flächen gilt in weiten Teilen das Gleiche wie für BMK-CMC biolog.

Es ist die gleich deutliche Verbesserung in den Jahren 1993 – 1998 zu erkennen, die zwischen 1998 und 2002 abflacht.

Obwohl auch hier 2002 eine braunere Farbe, verbesserte Umsetzungen und allg. mehr biologische Aktivität erkennbar sind.

Die schlechtere Boden-Ausgangssituation aus dem Jahr 1993 (im Vergleich zu Flächen 4,5,6,7) ist hier genauso deutlich gegeben wie in Fläche 2. Daher gilt auch für Fläche 3 – ein Vergleich mit der BMK konventionell geführten Fläche ist nur begrenzt möglich.

6.2.2.3.d BMK-CMC konv. Fläche 5

Die Chromatogramme der Versuchsfläche 5 zeigen genau wie in Fläche 2 eine deutliche Verbesserung der Bodenaktivität und Umsetzungen über den Versuchszeitraum von 1993 – 2002.

Die Chromas der ursprünglichen Flächen zeigen einen sehr ‚armen‘ stark mineralischen Boden, mit schlechter biolog. Aktivität, mangelnder Bodenatmung, etc. Diese Faktoren sind ersichtlich aus der grauen Farbe, dem Fehlen von Radiallinien und den verwaschenen Strukturen in der Eiweißzone.

Allerdings – wie im Beschrieb von Fläche 2 bereits erwähnt – ist die Ausgangssituation von Fläche 5 um vieles besser als die von Fläche 2. Die Chromatogramme von Fläche 5 zeigen eine gewisse Definition – z.B. im Eiweißbereich – was in den Chromas von Fläche 2 größtenteils gar nicht der Fall ist. Das heißt dass die biologische Aktivität von Fläche 5 im Jahr 1993 bereits ein höheres Niveau hatte als Fläche 2. Man könnte sagen dass die Ausgangs-Situation von Fläche 5 in der biologischen Aktivität und Bodenqualität in etwa vergleichbar ist dem Bodenzustand von Fläche 2 kurz vor 1998. In manchen Teilen sind die Chromatogramme aus 1993 von Fläche 5 sogar direkt vergleichbar mit den Chromatogrammen aus 1998 von Fläche 2.

Zusammengefasst heißt das – die Verbesserung der Bodensituation ist in beiden Flächen – 2 und 5 – deutlich erkennbar, jedoch die Auswirkungen von Kompost ‚alleine‘ im Vergleich zu Kompost und Zusatzdüngung kann nicht endgültig beurteilt werden, dazu hätte der Versuch über einen längeren Zeitraum weitergeführt werden müssen.

Außerdem hat das regenreiche Jahr 2002 eindeutig einen starken Einfluß auf die Chromabilder und erschwert zusätzlich die Interpretation bezüglich der Boden- und Aktivitätsveränderungen.

Auch hier muß gesagt werden, dass eine weitere – spätere Probennahme sinnvoll wäre – um wirklich schlüssige Informationen über die Veränderungen zwischen 1998 und 2002 beurteilen zu können.

6.2.2.3.e BMK konv. Fläche 6

Die Chromatogramme der Fläche 6 sind in einem sehr ähnlichen Zusammenhang zu sehen wie die Situation in Fläche 5.

Auch hier ist eine sehr deutliche Verbesserung der Bodensituation zu erkennen, mit dem erwähnten Muster einer starken Verbesserung zwischen 1993 und 1998, sowie einer Abflachung der positiven Tendenz von 1998 – 2002.

Auch in Fläche 6 ist die Ausgangssituation deutlich besser als in Fläche 3 – entsprechend beschrieben unter ‚2.3.d BMK-CMC konv. Fläche 5‘.

Die Chromatogramme von Fläche 6 zeigen im Jahr 2002 eine dunklere Farbe als die Vorhergehenden, Ansätze zu Radiallinien, Umsetzungen in der Eiweißzone und einen beginnende weiße Kernzone. Anders gesagt – die positiven ‚Veränderungen des Bodens sind auf den Chromatogrammen deutlich erkennbar.

Auch hier ist allerdings die Auswirkung der starken Regenfälle als ein ‚Übermineralisations-Ring‘ um die Kernzone erkennbar und es gilt das Gleiche wie für Flächen 2,3,5 eine Wiederholung der Probennahme wäre sinnvoll, für eine abschließende Beurteilung.

6.2.3. Zusammenfassende Interpretation

6.2.3.1 Allgemein

Der Einsatz von Rundbild-Chromatographie zur Begleitung des Kompostanwendungs-Langzeitversuches and der LBFS Ritzlhof wurde gewählt, da eine bildliche Darstellung der Bodenveränderung in vielen Bereichen deutlichere Information liefert als quantitative Messungen – wie sich bereits im Zusammenhang mit der Halbzeit Bestandsaufnahme des Versuches zeigte. Obwohl sich 1998 nach den quantitativen Messwerten sehr viele Fragen ergaben, war doch die positive

Entwicklung der Versuchsflächen bezüglich biologische Aktivität am Chroma deutlich erkennbar.

6.2.3.2 Ausgangslage

Zur Ausgangslage der Versuchsflächen (1-7) ist zu sagen, daß sich eine deutliche ‚Teilung‘ der Flächen zeigt. Flächen 1-3 waren in ihrer Ausgangssituation qualitativ in einem viel schlechteren Zustand als die Flächen 4-7.

6.2.3.3 Standard Flächen vs. Flächen mit Kompostausbringung

Die Chromatogramme der Standard Flächen (1,4,7) zeigen über den Zeitraum von 9 Jahren (erste Probenahme 1993 - letzte 2002) keine gravierende Bodenverbesserung. Die Chromas aus dem Jahr 2003 sind dunkler (brauner) eingefärbt, was auf den teilweise angestiegenen Gehalt an organischer Masse hindeutet - die mit den Gründungsmaßnahmen zusammenhängt - und ein positives Zeichen ist.

Allerdings ist während des gesamten Versuchszeitraumes auf den Chromatogrammen eine fallende Tendenz sichtbar, die bedeutet, daß der Boden bezüglich Humusbildung, Bodenatmung, allg. biolog. Aktivität stagniert.

Die Flächen mit Kompostausbringung zeigen bereits zur Halbzeit 1998 eine deutliche Verbesserung der allgemeinen Situation – bessere biolog. Aktivität, Umsetzungen der Organik, Bodenatmung, etc.

Die positive Tendenz setzt sich auch im Zeitraum von 1998 - 2002 fort, allerdings nicht mehr mit der Deutlichkeit wie vorher. Die Gründe dafür sind unter *3.4 Bodenpflege, 3.5 Klima und 3.6 Kommentar zur Kompostqualität* erläutert.

6.2.3.4 Bodenpflege

Der Einsatz von Gründüngung und Leguminosen hat auf allen Versuchspartzen zu einer Verbesserung der allgemeinen Situation geführt.

Außerdem sind die positiven Effekte der Kompostanwendung sichtbar.

Wo sich eine Verschlechterung der Situation ergeben hat, ist in der Bearbeitungstechnik.

In den ersten Jahren des Versuches wurden die Bearbeitungsmaßnahmen, Ernte etc. durch die LBFS Ritzlhof durchgeführt,

Während im späteren Teil des Versuchszeitraumes die maschinellen Arbeiten fremdvergeben wurden.

Es ist verständlich, aber gleichzeitig auch von Nachteil für die Versuchsentwicklung, dass betriebsfremde Personen den Ansprüchen und Zielsetzungen des Langzeitversuches nicht gerecht werden konnten. Die Art der Bearbeitung, Maschinenführung, Gerätewahl, Zeitpunkt der Bearbeitung, etc.

Diese Tatsache hat ist ein Faktor der dazu beigetragen, daß die stark positive Tendenz der ersten Jahre später etwas abgeflacht ist, wobei über das Ausmaß nur gemutmaßt werden kann.

6.2.3.5 Klima

Das regenreiche Jahr 2002 zeigt selbstverständlich auch Auswirkung auf den Chromabildern. Da durch die großen Wassermengen, die der Boden nicht mehr aufnehmen konnte, die Bodenatmung eingeschränkt war, kam es unter anderem zu einer Übermineralisation, die sich als dunkle Ringe um das Zentrum zeigen. Außerdem beeinflussen solch extreme Witterungsbedingungen wie im Jahr 2002 die biologische Aktivität eines Bodens nachteilig, was sich auf das gesamte Chromabild auswirkt, da ein Chromabild immer eine Momentaufnahme der mikrobiellen Umsetzungen, des allgemeinen Zustandes eines Bodens und der Verarbeitungsprozesse der Organik darstellt.

Daher wäre es sinnvoll gewesen zu einem späteren Zeitpunkt Bodenproben zur Chromaerstellung zu entnehmen um zu einer abschließenden Interpretation unter ‚normalen‘ Verhältnissen zu gelangen, die die Langzeitentwicklung realistischer widerspiegelt.

6.2.3.6 Kommentar zur Kompostqualität

Die Kompostproduktion nach CMC muß entsprechend bestimmten Richtlinien erfolgen und definierte Kriterien erfüllen um als hochqualitatives Endprodukt angewendet werden zu können. Leider entsprach das Qualitätsniveau der Komposte die auf die BMK-CMC Flächen ausgebracht wurden oftmals nicht den Kriterien von CMC. Das zeigte sich auch an den Werten des fertigen Produktes, das aus Mangel von Ersatz-Kompost trotzdem ausgebracht werden musste.

Daher ist es nicht möglich genaue Aussagen über den Unterschied und die Entwicklung zwischen den Flächen 2,3,5,6 zu treffen.

6.2.3.7 Resümee

Gesamthaft zeigt der Kompostanwendungs-Langzeitversuch an der LBFS Ritzlhof 1993 – 2002 anhand der erstellten Chromatogramme, daß es möglich ist durch Gründüngung und Leguminosen eine minimale Verbesserung der biologischen Aktivität eines Bodens zu erreichen. Evident aus den Chromas der Standard-Flächen 1,4,7.

Allerdings sind die positiven Veränderungen weitaus gravierender, wenn in ein Bodenverbesserungs-Programm Qualitätskompost miteingebunden wird, was sich aus den Chromatogrammen der Flächen 2,3,5,6 deutlich ersehen lässt.

Es darf dabei nicht übersehen werden, daß die Ausgangssituation die Geschwindigkeit der Verbesserung mit beeinflusst und daß die Kompostqualität eine sehr entscheidende Rolle in der Nachhaltigkeit der positiven Veränderungen spielt.

Wird der Kompost allerdings unter Bedingungen eingearbeitet, die die biologischen Notwendigkeiten nicht genügend miteinbeziehen, dann kann ein Teil der positiven Wirkung auch verloren gehen. Es ist daher streng darauf zu achten, daß die Einarbeitung bzw. Anwendung von Kompost mit geeigneten Geräten nur so tief erfolgt als die Sauerstoffversorgung gewährleistet ist, und gleichzeitig Futter für das Mikrobenleben in Form von frischer Organik zur Verfügung steht.

Die gemeinsame Interpretation der Chromatogramme mit den Humuswerten und dem Gehalt an organischer Masse zeigen, daß sich die Flächen auf denen Kompost ausgebracht wurde durchwegs vorteilhaft entwickelt haben und ein erhöhte biologische Aktivität, bessere Eiweißumsetzungen, bessere Bodenatmung und eine verbesserte Integration zwischen Organik und dem mineralischen Anteil des Bodens zeigen.