

Bodenverbesserungsmittel auf heterogenen Standorten

Schriftenreihe, Heft 18/2015



Erprobung des Einsatzes von Bodenverbesserungsmitteln auf den heterogenen Standorten im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

Jörg Pößneck

Inhalt

1	Bodenverbesserungsmittel	9
1.1	Einführung	9
2	Material und Methoden	12
2.1	Versuche in der Nossener Mitscherlich-Gefäßstation	12
2.2	Kompostierung im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch	13
2.3	Demonstrationen und Versuche im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch	16
2.4	Herauszuhebende Witterungsabläufe in Köllitsch im Projektzeitraum	20
3	Ergebnisse und Diskussion	22
3.1	Versuche in der Nossener Mitscherlich-Gefäßstation	22
3.2	Demonstrationen und Versuche im LVG Köllitsch	27
3.2.1	Komposte	27
3.2.2	Bodenverbesserungsmittel	37
3.2.3	Demonstrationen mit Kompost und Bodenverbesserungsmitteln	37
3.2.3.1	Mehrjährige Demonstration mit Kompost auf Schlag 121.4	37
3.2.3.2	Einjährige Demonstration mit Kompost zu Mais auf Schlag 123.1	41
3.2.3.3	Mehrjährige Demonstration mit „Quaterna® Terra“ zu Winterweizen auf Schlag 121.34	41
3.2.3.4	Einjährige Demonstration mit „Mykonor Bio-Schutz“ zu Winterraps auf Schlag 121.1	47
3.2.3.5	Einjährige Demonstration mit „Mykonor Bio-NPK“ zu Winterweizen auf Schlag 138.....	48
3.2.4	Versuche mit Kompost und Bodenverbesserungsmitteln	49
3.2.4.1	Mehrjähriger Versuch mit Kompost und „Quaterna® Terra“ auf Schlag 121.21	49
3.2.4.2	Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Körnermais auf Schlag 121.22	56
3.2.4.3	Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Silomais auf Schlag 121.31	58
3.2.4.4	Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Körnermais auf Schlag 121.32.....	59
3.2.4.5	Einjähriger Versuch mit „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ zu Winterweizen auf Schlag 123.22	61
3.2.4.6	Mehrjähriger Versuch mit „Quaterna® Terra“ auf Schlag 123.23	63
3.2.4.7	Einjähriger Versuch mit „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ zu Sommergerste auf Schlag 123.25	67
3.2.4.8	Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Körnermais auf Schlag 122.5.....	69
3.2.5	Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung	70
3.2.6	Ausgewählte Ergebnisse der geophysikalischen Messverfahren	73
4	Fazit	76
	Literaturverzeichnis	79
	Anlagen	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Transportband mit Mitscherlich-Gefäßen in der Nossener Mitscherlich-Gefäßstation	12
Abbildung 2:	Ablauf der Testkompostierung im LVG, 2008	14
Abbildung 3:	Aufsetzen einer Kompostmiete mit dem Dungstreuer am 18. November 2008 im LVG.....	14
Abbildung 4:	Kompostwender „NEUSON TEC30“ und Zugmaschine „Fendt 711 Vario“	15
Abbildung 5:	Plan zur „Quaterna® Activa“-Ausbringung auf den Dung im Offenstall.....	15
Abbildung 6:	Aufstapeln der Kompostmiete, getrennt nach Varianten.....	16
Abbildung 7:	Kompostwender „NEUSON TEC30“ in Aktion	16
Abbildung 8:	Übersichtskarte zu den Demonstrations- und Versuchsflächen (grün) im LVG	17
Abbildung 9:	Beispiel für die Demonstrations- bzw. Versuchsart auf den LVG-Flächen	19
Abbildung 10:	Niederschläge in Köllitsch im Zeitraum 1. April bis 15. Juni 2011	21
Abbildung 11:	Haferrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit <i>Bacillus subtilis</i> und Bodenpilzen, 2013 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 1)	22
Abbildung 12:	Hafernährstoffentzüge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit <i>Bacillus subtilis</i> und Bodenpilzen, 2013 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 1)	23
Abbildung 13:	Mikrobielle Biomasse des Bodens vom Hafer-Mitscherlich-Gefäßversuch, 2013 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 1)	24
Abbildung 14:	Bodenoberflächen in Mitscherlich-Gefäßen mit und ohne „Mykonor Bio-AKTIV“, 11. April 2014	25
Abbildung 15:	Maisrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit Bodenbakterien und -pilzen, 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 5)	25
Abbildung 16:	Ackerbohnenrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit Bodenbakterien und -pilzen, 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 5)	26
Abbildung 17:	Sommerweizenkornrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit <i>Azoarcus</i> und <i>Azotobacter</i> , 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 2).....	26
Abbildung 18:	Sommerweizenstrohrelativerträge vom Mitscherlich- Gefäßversuch mit <i>Azoarcus</i> und <i>Azotobacter</i> , 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 2).....	27
Abbildung 19:	Temperaturverlauf während der Kompostierung 2008 im LVG	27
Abbildung 20:	Regenwasseraufnahme von Kompost und Dung im Mai 2009 im LVG.....	28
Abbildung 21:	Kompostwender „NEUSON TEC30“ in Aktion, Schlag 121.21, 2. November 2010	29
Abbildung 22:	Sauerstoff- und Kohlendioxidmessungen im Mietenkern am 10. November 2010, Schlag 121.21.....	30
Abbildung 23:	Optisch unterschiedlicher Zustand des Rinderdungs am 27. April 2011	31
Abbildung 24:	Austritt von Jauche an der Mietenbasis bei Variante 1 am 12. und 17. Mai 2011	32
Abbildung 25:	Grad der Verpilzung in der Dungmiete am 12. Juli und 2. August 2011	33
Abbildung 26:	Zustand der Dungmiete am 4. Juni 2013	35
Abbildung 27:	Temperaturverlauf in der Dungmiete, Variante 2: Dung mit „Quaterna® Activa“, 2013	36
Abbildung 28:	Temperaturverlauf in der Dungmiete, Variante 1: Dung, 2013	36
Abbildung 29:	Verdichtete Dungmietenbasis am 25. Juli 2013.....	36
Abbildung 30:	Demonstration von Kompost auf Schlag 121.4.....	38
Abbildung 31:	Biomasseindexwerte und Kornrohertrag von Wintergerste nach Kompostdüngung auf Schlag 121.4, 2011.....	38
Abbildung 32:	Silomaisertrag auf Schlag 121.4, 2012	39
Abbildung 33:	Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.4, 14. November 2012 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 13)	40

Abbildung 34:	Biomasseindexwerte und Kornrohertrag von Winterweizen auf Schlag 121.4, 2013	40
Abbildung 35:	Demonstration von Kompost auf Schlag 123.1	41
Abbildung 36:	Silomaisrelativertrag auf Schlag 123.1, 2014 nach der Kompostanwendung	41
Abbildung 37:	Demonstration von „Quaterna® Terra“ in Variante 2 ab 2010 auf Schlag 121.34 mit Winterweizenmonokultur	42
Abbildung 38:	Schüttgutbeförderungslösungen der Streuer „AMAZONE 1500“ und „Bogballe EXW“	42
Abbildung 39:	„Quaterna® Terra“ nach der Applikation im April 2010	43
Abbildung 40:	Winterweizenkornrohertrag auf Schlag 121.34, 30. Juli 2010	43
Abbildung 41:	Biomasseindexwerte und Kornrohertrag von Winterweizen auf Schlag 121.34, 2011	44
Abbildung 42:	Ausgedünnter Winterweizenbestand auf Schlag 121.34, 15. Mai 2012	44
Abbildung 43:	Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.34, 14. November 2012	45
Abbildung 44:	Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 121.34, 2013	45
Abbildung 45:	Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 121.34, 2014	46
Abbildung 46:	Mikrobielle Biomasse des Bodens nach der <i>Bacillus subtilis</i> -Applikation, Schlag 121.1, 14. November 2012, Winterraps	47
Abbildung 47:	Biomasseindexwerte und Rofertrag von Winterraps nach der <i>Bacillus subtilis</i> -Applikation auf Schlag 121.1, 2013	48
Abbildung 48:	Demonstration mit „Mykonor Bio-NPK“ auf Schlag 138	49
Abbildung 49:	Biomasseindexwerte und Rofertrag von Winterweizen auf Schlag 138, 2011, nach der Teilschlagapplikation von „Mykonor Bio-NPK“	49
Abbildung 50:	Kompostausbringung auf Schlag 121.21, 25. November 2010	50
Abbildung 51:	Biomasseindexwerte und Rofertrag von Winterraps auf Schlag 121.21, 2012, nach der „Quaterna® Terra“-Applikation	51
Abbildung 52:	Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.21, 14. November 2012	52
Abbildung 53:	Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 121.21, 3. Mai und 12. Juni 2013	53
Abbildung 54:	Bewirtschaftungszonen vom Schlag 121.21	53
Abbildung 55:	Biomasseindexwerte nach Bewirtschaftungszonen vom Schlag 121.21, 3. Mai 2013 (Varianten nach der Tabelle 17)	54
Abbildung 56:	Biomasseindexwerte von Wintergerste auf Schlag 121.21, 9. April 2014 (roter Pfeil zeigt auf die Langparzelle von Prüfglied 3, siehe Tabelle 17)	55
Abbildung 57:	Maisentwicklungstand nach Prüfgliedern auf Schlag 121.32, 30. Mai 2012	60
Abbildung 58:	Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.32, 14. November 2012 (Varianten nach Tabelle 26)	61
Abbildung 59:	Winterweizenkornroherträge auf Schlag 123.22, 5. August 2014 (Varianten nach Tabelle 28)	62
Abbildung 60:	„Quaterna® Terra“-Pellets auf dem Feld zu unterschiedlichen Zeitpunkten, Schlag 123.23, 2010	64
Abbildung 61:	Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 123.23, 14. November 2012 (Varianten nach Tabelle 29)	65
Abbildung 62:	Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 123.23, 3. Mai und 12. Juni 2013	66
Abbildung 63:	Biomasseindex- und Kornrohertragswerte von Triticale auf Schlag 123.23, 2014	67
Abbildung 64:	Langparzellenanlagen mit Saatfenstern (WGS84) auf Schlag 123.25, 13. März 2014	68
Abbildung 65:	Kerndrusch zur Körnermaiserte auf Schlag 122.5, 14. Oktober 2011	70
Abbildung 66:	Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung, Schlag 121.21	71
Abbildung 67:	Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung, Schlag 121.4	72
Abbildung 68:	Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung, Schlag 123.23	73

Abbildung 69: „Geophilus electricus“-Messungen sowie Humus- und N-Gehalte des Bodens,
Schlag 121.2174
Abbildung 70: Geophysikalische Messungen sowie Humus- und N-Gehalte des Bodens, Schlag 121.476

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Prüfglieder des Hafer-Mitscherlich-Gefäßversuchs mit <i>Bacillus subtilis</i> und Bodenpilzen, 2013	12
Tabelle 2:	Prüfglieder des Sommerweizen-Mitscherlich-Gefäßversuchs mit Bodenbakterien, 2014.....	13
Tabelle 3:	Schläge mit Demonstrations- bzw. Versuchsflächen im LVG	17
Tabelle 4:	Beschreibung der Klassifizierung von kartierten Prüfmerkmalen	18
Tabelle 5:	Prüfglieder des Mais-Mitscherlich-Gefäßversuchs mit Bodenbakterien und -pilzen, 2014	24
Tabelle 6:	Laboruntersuchungswerte von organischen Feststoffen aus der Testkompostierung, 2008	28
Tabelle 7:	Laboruntersuchungswerte von Rinderdung und Kompost, 2009	29
Tabelle 8:	Laboruntersuchungswerte von organischen Feststoffen, 2010	31
Tabelle 9:	Laboruntersuchungswerte von organischen Feststoffen, 2012 (Variante 1: Dung aus dem Offenstall, „Quaterna® Activa“ unmittelbar vor dem Aufsetzen der Miete, auf den Dung gestreut und Variante 2: Dung aus dem Offenstall, „Quaterna® Activa“ zwei Monate vor dem Aufsetzen der Miete im Offenstall auf den Dung gestreut)	34
Tabelle 10:	Temperaturmessungen in der Dungmiete, 2012 (Varianten nach Tabelle 9)	34
Tabelle 11:	Sauerstoff- und Kohlendioxidmessungen in der Dungmiete, 2012 (Varianten nach Tabelle 9) ..	35
Tabelle 12:	Laboruntersuchungswerte von Bodenverbesserungsmitteln.....	37
Tabelle 13:	Silomaisenertrag auf Schlag 121.4, 2012.....	39
Tabelle 14:	Winterweizenkornroherträge auf Schlag 121.34, 2013	46
Tabelle 15:	Winterweizenkornroherträge auf Schlag 121.34, 2014	46
Tabelle 16:	N _{min} -Werte der Bodenprobenahme vom 5. März 2013 auf Schlag 121.1, Winterraps	48
Tabelle 17:	Varianten zum Test von Kompost und „Quaterna® Terra“ auf Schlag 121.21.....	50
Tabelle 18:	Futtererbsenroherträge auf Schlag 121.21, 27. Juli 2011, nach der „Quaterna® Terra“-Applikation.....	51
Tabelle 19:	Winterweizenkornroherträge nach Bewirtschaftungszonen vom Schlag 121.21, 16. August 2013	54
Tabelle 20:	Winterweizenkornroherträge nach Prüfgliedern auf Schlag 121.21, 16. August 2013.....	55
Tabelle 21:	Wintergerstenkornroherträge auf Schlag 121.21, 27. Juli 2011	56
Tabelle 22:	Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln zu Mais auf Schlag 121.22, 2014	57
Tabelle 23:	Körnermaisroherträge auf Schlag 121.22, 27. Oktober 2014.....	58
Tabelle 24:	Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln zu Mais auf Schlag 121.31, 2013	58
Tabelle 25:	Silomaisroherträge auf Schlag 121.31, 11. September 2013.....	59
Tabelle 26:	Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 121.32, 2012	59
Tabelle 27:	Körnermaisroherträge auf Schlag 121.32, 17. Oktober 2012.....	60
Tabelle 28:	Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 123.22, 2014	61
Tabelle 29:	Varianten zum Test von „Quaterna® Terra“ auf Schlag 123.23, 2010-2014.....	63
Tabelle 30:	Körnermaisroherträge auf Schlag 123.23, 2. November 2010	64
Tabelle 31:	Sommergerstenkornroherträge auf Schlag 123.23, 25. Juli 2011	64
Tabelle 32:	Winterweizenkornroherträge auf Schlag 123.23, 3. August 2013	66
Tabelle 33:	Triticalekornroherträge auf Schlag 123.23, 18. Juli 2014	67
Tabelle 34:	Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 123.22, 2014	68
Tabelle 35:	Sommergerstenkornroherträge auf Schlag 123.25, 22. Juli 2014	69
Tabelle 36:	Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 122.5, 2011	69
Tabelle 37:	Körnermaisroherträge auf Schlag 122.5, 14. Oktober 2011	70
Tabelle 38:	Korrelationsmatrix vom Schlag 121.21, 2013.....	74
Tabelle 39:	Korrelationsmatrix vom Schlag 121.4, 2013	75

Abkürzungsverzeichnis

BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
C	Kohlenstoff
CAL	Calcium-Acetat-Lactat-Auszug (Extraktionsverfahren)
Cu	Kupfer
CO ₂	Kohlendioxid
DüV	Düngeverordnung
Fe	Eisen
GD	Grenzdifferenz
GIS	Geografisches Informationssystem
K	Kalium
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LVG	Lehr- und Versuchsgut
Mg	Magnesium
Mo	Molybdän
N	Stickstoff
N ₂	molekularer Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
NH ₄	Ammonium
N _{min}	pflanzenverfügbare mineralisierter Stickstoff im Boden
NO ₃	Nitrat
O	Sauerstoff
O ₂	molekularer Sauerstoff
P	Phosphor
P ₂ O ₅	Phosphat
PF	Precision Farming
TM	Trockenmasse
UFZ	Umweltforschungszentrum Leipzig
WGS84	World Geodetic System 1984
Zn	Zink

1 Bodenverbesserungsmittel

1.1 Einführung

Das Projekt „Erprobung des Einsatzes von Bodenverbesserungsmitteln auf heterogenen Standorten des LVG Köllitsch“ folgte dem 2009 abgeschlossenen Vorhaben des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) mit dem Titel „Entwicklung und Erprobung von Algorithmen zur teilschlagspezifischen Düngung und des Einsatzes von Fungiziden und Wachstumsreglern“

Auf den nordsächsischen Standorten wird die pflanzliche Erzeugung unter den Bedingungen ausgeprägter Vorsommertrockenheit auf zum Teil sehr heterogenen Böden realisiert. Genau diese Rahmenbedingungen prägen die pflanzliche Erzeugung im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch¹ (LVG) des LfULG, das sich in Nordwestsachsen, südöstlich von Torgau, befindet. Das Relief der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Lehr- und Versuchsgutes ist eben und ohne große Höhenunterschiede. Die Region ist von Altarmen der Elbe durchzogen, die mit tonreichen Auensedimenten verfüllt sind. Es gibt zahlreiche Wechsellagerungen zwischen Tonen, Schluffen, Sanden und Kiesen. Die vorherrschende Bodenart ist alluvialer Auenlehm.

Im vorangegangenen Vorhaben wurde festgestellt, dass der pflanzenbauliche Erfolg der Schlagbewirtschaftung mit Methoden des „Precision Farming“ (PF) wesentlich von der Bodenwasserverfügbarkeit auf Teilschlägen während der Wachstumszeit abhängt. Folgende Schlussfolgerungen wurden für den Pflanzenbau im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch gezogen:

- Ein wesentlicher Schwerpunkt im Pflanzenbau ist die mittel- und langfristige, teilschlagbezogene agronomische Bodenaufwertung. Dung, Kompost oder Bodenhilfsstoffe sind auf Teilschlägen auszubringen, um dort die Wirkung der mittels PF ausgebrachten Dünger, Pflanzenschutzmittel und Wachstumsregler sowie die Pflanzenerträge zu stabilisieren.
- Landmaschinen sind zentimetergenau nach Leitspursystem zu führen, um ein Minimum an Fahrspuren auf der Ackerfläche zu realisieren.

Im Düngegesetz sind unter § 2 Nr. 6² die Bodenhilfsstoffe definiert. Es sind Stoffe ohne wesentlichen Nährstoffgehalt und Mikroorganismen, die dazu bestimmt sind,

- die biologischen, chemischen oder physikalischen Eigenschaften des Bodens zu beeinflussen, um die Wachstumsbedingungen für Nutzpflanzen zu verbessern oder
- die symbiotische Bindung von Stickstoff zu fördern.

Die Düngeverordnung (DüV)³ vom 5. März 2007 beschreibt im § 2 Nr. 10 den wesentlichen Nährstoffgehalt. Danach ist ein wesentlicher Nährstoffgehalt, wenn in der Trockenmasse mehr als 1,5 von Hundert Stickstoff (Gesamt-N) oder 0,5 von Hundert Phosphat (P_2O_5) vorliegen. Die Nährstoffgehalte von Bodenhilfsstoffen sind in dieser Schrift von untergeordneter Bedeutung, weil auf das pflanzenbaulich messbare Ergebnis produktinterner biologischer Komponenten der Bodenhilfsstoffe abgestellt wird. Ausgewählten Handelsproduktbeschreibungen folgend sollen biologische Komponenten bestimmter Bodenhilfsstoffe einzelne Pflanzennähr-

¹ <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/270.htm>

² http://www.gesetze-im-internet.de/d_ngg/__2.html

³ http://www.gesetze-im-internet.de/d_v/__2.html

stoffe im Boden pflanzenverfügbarer machen. Nachfolgend wird einführend auf die in diesem Bericht verwendeten Mikroorganismen (Bakterien und Pilze), die als Handelsprodukte verfügbar waren, eingegangen:

Azoarcus: Die Bakterien binden molekularen Luftstickstoff. Es gibt endophytische (der Besiedlungsraum ist zwischen den Zellen des Wurzelgewebes) und epiphytische (der Besiedlungsraum ist auf der Wurzeloberfläche) Arten. Das Bakterium ist Bestandteil des Produktes „AKRA Azoarcus“⁴.

Azospirillum: Diese Bakterien gelten als Stickstoffbinder. Es wird ein symbiotisches Zusammenleben zwischen Bakterium und Pflanze angenommen. Die Bakterien sind im „Mykonor Bio-NPK“⁵ enthalten.

Azotobacter: Das Bakterium lebt im Wurzelbereich, bevorzugt in einem neutralen oder schwach alkalischen Bodenmilieu. *Azotobacter* sind obligat aerob und sie assimilieren molekularen Stickstoff. Für die Stickstoffbindung wird das Enzym Nitrogenase gebraucht. Dieses Enzym benötigt zur Funktion Eisen (Fe) und Molybdän (Mo). Der bei der Stickstoffbindung entstehende Ammoniak (NH₃) wird für den Aufbau von Aminosäuren und anderen N-Verbindungen genutzt. *Azotobacter* kann ohne molekularen Stickstoff leben und einfache N-Verbindungen (wie Nitrate, Harnstoff oder NH₃) verwerten. Das Bakterium ist laut den Produktbeschreibungen in „AKRA Azotobacter“⁶ und „Mykonor Bio-NPK“ enthalten.

Bacillus megaterium: ist ein unbewegliches und stäbchenförmiges Bakterium. Das Bakterium wächst unter aeroben Bedingungen im Boden. *Bacillus megaterium* soll den Phosphor (P) im Boden pflanzenverfügbarer machen. Das Bakterium ist Bestandteil des Produktes „Mykonor Bio-NPK“.

Bacillus subtilis: Das Bakterium führt organische Stoffe in den Nahrungskreislauf zurück. *Bacillus subtilis* lebt in der Rhizosphäre, ist stäbchenförmig und beweglich. Die Sporen des Bakteriums haben eine hohe Hitzeresistenz. Verschiedene Handelsprodukte, wie zum Beispiel das „Mykonor Bio-Schutz“⁷, beinhalten das Bakterium.

Frateuria aurantia: wurde von der japanischen Lilie *Lilium auratum* und der Frucht der Wildhimbeere *Rubus parvifolius* isoliert und soll Kalium (K) im Boden pflanzenverfügbarer machen⁸. Auch diese Bakterien sind Bestandteil von „Mykonor Bio-NPK“.

Bodenpilze: Bestimmte Bodenpilze gehen im Wurzelbereich eine Symbiose mit Pflanzen ein. Die Pilze versorgen die Wirtspflanze mit Nährstoffen wie zum Beispiel mit Phosphor. Im Gegenzug erhalten die Pilze von der Pflanze Zucker. Den Ausführungen der Firma „Mykonor“ folgend, sind im „Mykonor Bio-AKTIV“⁹ derartige Pilze enthalten.

Pilze in Komposten: Pilze in Komposten zersetzen das organische Material. BREITENBACH (1998) isolierte aus Komposten etwa 100 Pilzarten. Die Pilzflora der untersuchten Frisch- und Fertigkomposte umfasste fast ausschließlich mesothermophile, saprophytische und unter phytosanitären Gesichtspunkten unbedenkliche oder antagonistisch wirkende Pilzarten. Auf 15 Pilzarten entfielen nach BREITENBACH (1998) fast 70 % der Isolate aller untersuchten Frisch- und Fertigkomposte. Die dominanten 15 Arten

⁴ http://www.duenger-akra.at/akra_duengesystem/akra_azoarcus_n_bakterien und <http://de.wikipedia.org/wiki/Rhodocyclaceae>

⁵ http://www.mykonor.de/inhalt/MYKONOR_BIO-NPK-Pulver.html

⁶ http://www.duenger-akra.at/akra_duengesystem/akra_azotobacter_n_bakterien

⁷ http://www.mykonor.de/inhalt/MYKONOR_BIO-SCHUTZ.html

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Frateuria_aurantia

⁹ http://www.mykonor.de/inhalt/MYKONOR_BIO-AKTIV.html

sind allgemein verbreitet und mesophil, mit Ausnahme der thermotoleranten Art *Aspergillus fumigatus*. Der tolerierte pH-Bereich der Pilze reicht von 2,5 (*Penicillium expansum*) bis maximal 8,8 (*Mucor hiemalis*).

Im vorliegenden Bericht wurden Pilzsporen aus Kompostierungen ausgesuchter Pflanzenarten, wie sie in den Handelsprodukten „Quaterna® Activa“¹⁰ und „Quaterna® Terra“¹¹ enthalten sind, verwendet. Im LVG Köllitsch wurden Dung sowie Pflanzen- und Futterreste kompostiert. Ein Teil des Dungs wurde mit dem pulverigen „Quaterna® Activa“ behandelt. Als Pellet wurde „Quaterna® Terra“ direkt zur Feldfrucht gestreut. Im Ergebnis einer laboranalytischen Untersuchung in der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL)¹² ist „Quaterna® Activa“ düngemittelrechtlich ein Bodenhilfsstoff und „Quaterna® Terra“ ein organischer NPK-Dünger. Beide Produkte unterscheiden sich hinsichtlich der Trägermaterialien für die Pilze. Der Hersteller, die französische Firma „SOCIETE SOBAC“¹³, bezeichnet „Quaterna® Activa“ als ein Additiv zur Kompostierung und „Quaterna® Terra“ als Bodenverbesserer. Weil die rechtliche Einordnung der Stoffe mit Bodenbakterien und -pilzen sehr unterschiedlich ausfallen kann, wie zum Beispiel in Abhängigkeit von den Pilzträgermaterialien, wurde hier der Begriff der „Bodenverbesserungsmittel“ verwendet, um Handelsprodukte mit unterschiedlichen düngemittelrechtlichen Einordnungen einer Zielgruppe dieser Schrift zuzuschreiben. Folgend werden die Produkte „AKRA Azoarcus“, „AKRA Azotobacter“, „Mykonor Bio-Schutz“, „Mykonor Bio-NPK“, „Mykonor Bio-AKTIV“, „Quaterna® Activa“ und „Quaterna® Terra“ als Bodenverbesserungsmittel bezeichnet. Eine Ausnahme bildet das ebenfalls eingesetzte Produkt „BlackJak® SC“, das hier auch als Bodenverbesserungsmittel aufgeführt wird. Das Produkt wird laut Beschreibung¹⁴ als Pflanzenstärkungsmittel auf Huminsäurebasis verstanden. Die Huminstoffe können ein Vielfaches ihres Gewichtes an Wasser binden.

¹⁰ <http://sobac.de/quaterna-activa/>

¹¹ <http://sobac.de/quaterna-terra/>

¹² <http://www.smul.sachsen.de/bful/>

¹³ <http://www.bacteriosol-sobac.com/>

¹⁴ <http://www.intrachem-bio.de/produkte/pflanzenstaerkungsmittel/blackjakr-sc/>

2 Material und Methoden

2.1 Versuche in der Nossener Mitscherlich-Gefäßstation

Die Abteilung Landwirtschaft des LfULG bewirtschaftet an ihrem mittelsächsischen Standort Nossen eine Mitscherlich-Gefäßstation. In dieser Gefäßstation wurden 2013 und 2014 Versuche (vier Wiederholungen pro Prüfglied) mit Bodenbakterien und -pilzen durchgeführt. Eine randomisierte Aufstellung der Mitscherlich-Gefäße war nicht erforderlich, weil ein umlaufendes Transportband die darauf abgestellten Mitscherlich-Gefäße kontinuierlich bewegte, sodass jedes Mitscherlich-Gefäß täglich annähernd gleichen Lichtverhältnissen ausgesetzt war (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Transportband mit Mitscherlich-Gefäßen in der Nossener Mitscherlich-Gefäßstation

Als Versuchsfruchtart wurde 2013 Hafer gewählt. Das getestete Bodenbakterium *Bacillus subtilis* entstammte dem Produkt „Mykonor Bio-Schutz“, die Bodenpilze dem Produkt „Mykonor Bio-AKTIV“. Die acht Prüfglieder des Versuchs mit Hafer sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Prüfglieder des Hafer-Mitscherlich-Gefäßversuchs mit *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen, 2013

Prüfglied	Düngung	<i>Bacillus subtilis</i>	Bodenpilze
1	-	-	-
2	x	-	-
3	-	x	-
4	-	-	x
5	x	x	-
6	x	-	x
7	-	x	x
8	x	x	x

Im Folgejahr wurde dieser Mitscherlich-Gefäßversuch mit Mais und einer überarbeiteten Aufgabenstellung wiederholt. Das Produkt „Mykonor Bio-Schutz“ mit *Bacillus subtilis* wurde gegen das Handelsprodukt „Mykonor Bio-NPK“ mit *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus megaterium* und *Frateuria aurantia* ausgetauscht. Die Anzahl der Prüfglieder und Wiederholungen blieb gleich.

Ergänzend wurde 2014 noch ein Mitscherlich-Gefäßversuch mit den Bodenbakterien *Azoarcus* und *Azotobacter* in Sommerweizen durchgeführt. Diese Bakterien waren Bestandteile der Produkte „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“. Die neun Prüfglieder des Sommerweizen-Mitscherlich-Gefäßversuchs zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Prüfglieder des Sommerweizen-Mitscherlich-Gefäßversuchs mit Bodenbakterien, 2014

Prüfglied	<i>Azoarcus</i>	Stickstoffdüngung	<i>Azotobacter</i>
1	-	-	-
2	-	50 %	-
3	-	50 %	x
4	-	100 %	-
5	-	100 %	x
6	x	50 %	-
7	x	50 %	x
8	x	100 %	-
9	x	100 %	x

Um die möglichen Prüfgliedeffekte auf den Pflanzenwuchs deutlich herauszuheben, wurde für jeden Mitscherlich-Gefäßversuch immer ein lehmiger Sandboden vom diluvialen Standort Sprotta (Nordwestsachsen) verwendet.

2.2 Kompostierung im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

Allgemein anerkannt ist, dass anaerobe Bodenbedingungen den Rückgang des aeroben mikrobiellen Lebens im Boden, eine zunehmende Bodenverdichtung, Bodenabschwemmungen und Pflanzennährstoffverluste durch Auswaschung und Emission befördern. Ausgewählte Gegenmaßnahmen sind das Aufbringen und Einarbeiten von Kompost oder der Anbau von Pflanzen zur Gründüngung. Ein aerober Kompost enthält Sauerstoff und aerob aktive Biomasse. Durch die Kompostierung des im Landwirtschaftsbetrieb anfallenden Dungs wird dieser homogenisiert und mit Sauerstoff angereichert. Die Geruchsbelastung ist bei der Kompostausbringung gering bzw. nicht vorhanden und es besteht eine hohe Ausbringungsflexibilität hinsichtlich Zeitpunkt und Menge.

Zur Projektvorbereitung wurde 2008 eine auf die betrieblichen Gegebenheiten des LVG Köllitsch angepasste Kompostierung getestet. Kompostiert wurde in einer Kammer eines betonierten Durchfahrtsilos. Der Beton des Silobodens war ohne Risse. Ein im Siloboden liegender Abflusskanal nahm das anfallende Regenwasser, Silosickersaft oder Jauche auf und führte diese flüssigen Substanzen den Sammelbehältern zu. Zur Testkompostierung im Jahr 2008 wurden regional angefallener Baumschnitt, Maissilagereste und Rinderdung verwendet. In der Abbildung 2 sind wichtige Arbeitsschritte bis zum fertigen Kompost dokumentiert.



Abbildung 2: Ablauf der Testkompostierung im LVG, 2008

Mit den Greifern eines Baggers wurde die Miete am 17. September 2008 umgesetzt. Wegen der betriebsbedingten Beanspruchung von Silolagerfläche musste die Kompostmiete am 18. November 2008 erneut umgesetzt werden. Zu diesem Umsetzungstermin wurde die Eignung eines Dungstreuers zum Aufsetzen einer Kompostmiete geprüft (siehe Abbildung 3).

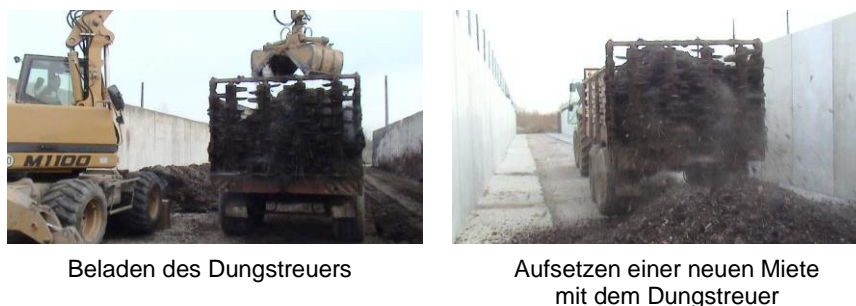


Abbildung 3: Aufsetzen einer Kompostmiete mit dem Dungstreuer am 18. November 2008 im LVG

Bei langsamer Drehzahl der Streuwalzen des Dungstreuers konnte das umzusetzende Material durchmischt und durchlüftet werden. Mit dem Dungstreuer wurde aber keine zufriedenstellende Durchmischung, Belüftung und Zerkleinerung des Kompostes erreicht. Von einem zu beschaffenden Kompostwender wurden bessere Arbeitsergebnisse erwartet. Ab Mitte Oktober 2010 stand der Kompostwender „NEUSON TEC30“, ein zapfwellengetriebenes Anhängegerät (siehe Abbildung 4), zur Verfügung. Dieser Kompostwender hatte eine Breite von 5,5 m und eine Länge von 4,6 m. Der Tunnel war innen 3 m breit und 1,5 m hoch. Mit der verwendeten Zugmaschine, dem Traktor „Fendt 711 Vario“, ergab sich eine Gesamtbreite von 5,7 m.



Kompostwender „NEUSON TEC30“



„Fendt 711 Vario“ mit Kompostwender „NEUSON TEC30“ in Transportstellung

Abbildung 4: Kompostwender „NEUSON TEC30“ und Zugmaschine „Fendt 711 Vario“

Im Rahmen dieser Arbeit wurde vorwiegend Dung aus einem Rinderoffenstall des LVG Köllitsch kompostiert. Das „Quaterna[®] Activa“ wurde erstmalig 2011 eingesetzt und zweimalig vor dem Ausstallen der Rinder auf den Dung im Offenstall aufgestreut. Die bestreute Fläche betrug 200 m² (Länge 20 m x Breite 10 m). Die nicht bestreute Vergleichsfläche hatte die gleichen Abmessungen (siehe Abbildung 5).

Variante		10 m Breite	
1	nicht mit „Quaterna [®] Activa“ behandelt		20 m Länge
2	2 x 600 kg „Quaterna [®] Activa“		20 m Länge

Abbildung 5: Plan zur „Quaterna[®] Activa“-Ausbringung auf den Dung im Offenstall

Die Ausstallung der Rinder des Offenstalls war spätestens Anfang Mai eines Jahres abgeschlossen. Danach begann die Kompostierung des Dungs. Operativ wurden die im Landwirtschaftsbetrieb (LVG Köllitsch) anfallenden organischen Feststoffe zugegeben, wie zum Beispiel Baumschnitt, Rutenhirsehäcksel, Altstroh und Futtermittelreste. Wie die Abbildung 6 zeigt, wurde, getrennt nach den Varianten der Abbildung 5, eine Dungmiete aufgestapelt. Die Stapelhöhe lag bei ca. 2 m, um beim Wenden der Kompostmiete einen technisch ungestörten Arbeitsgang mit dem Kompostwender „NEUSON TEC30“ zu gewährleisten.



Ankippen der Miete mit Dung,
Variante 1



Ankippen der Miete mit Dung und
„Quaterna® Activa“, Variante 2

Abbildung 6: Aufstapeln der Kompostmiete, getrennt nach Varianten

Die Abbildung 7 zeigt die Wendearbeit des „NEUSON TEC30“ am Beispiel einer Feldrandmiete.



Abbildung 7: Kompostwender „NEUSON TEC30“ in Aktion

2.3 Demonstrationen und Versuche im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

Das LVG Köllitsch stellte im Projektzeitraum für die Kompostierung und den Test von Kompost sowie Bodenverbesserungsmitteln die Demonstrations- und Versuchsflächen zur Verfügung. Die betroffenen Schläge des LVG Köllitsch sind in der Tabelle 3 aufgeführt und in der Abbildung 8 grün gefärbt ausgewiesen.

Tabelle 3: Schläge mit Demonstrations- bzw. Versuchsflächen im LVG

Schlag	Schlagfläche [ha]	Demonstration oder Versuch
121.1	11,4	Demonstration
121.21	27,0	Versuch
121.22	13,5	Versuch
121.31	14,5	Versuch
121.32	19,3	Versuch
121.34	12,6	Demonstration
121.4	30,5	Demonstration
122.5	37,5	Demonstration
123.1	38,6	Demonstration
123.21	11,6	Versuch
123.22	9,0	Versuch
123.23	9,4	Versuch
123.25	13,2	Versuch
138	14,3	Demonstration

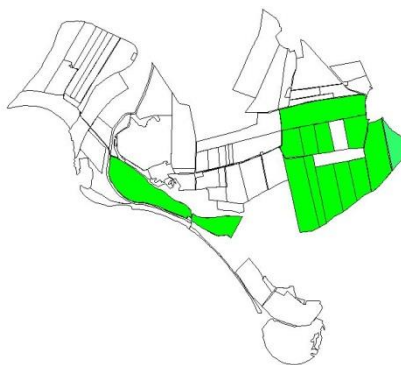


Abbildung 8: Übersichtskarte zu den Demonstrations- und Versuchsflächen (grün) im LVG

Die Demonstrationen und Versuche waren dem Bewirtschaftungsablauf des Landwirtschaftsbetriebes unterzuordnen. Die Schläge (mit den Bezeichnungen 121.1, 121.21, 121.22, 121.31, 121.32, 121.34 und 123.21-123.25) waren fruchtfolgeseitig in

- eine 5-feldrige Fruchtfolge (Mais, Erbsen, Winterraps, Winterweizen, Wintergerste) mit wendender Bodenbearbeitung (121.1, 121.21, 121.22, 121.31, 121.32),
- eine Winterweizenmonokultur mit wendender Bodenbearbeitung (121.34) und
- eine 5-feldrige Fruchtfolge (Winterraps, Winterweizen, Triticale, Mais, Sommergetreide) mit nicht wendender Bodenbearbeitung (123.21-123.25)



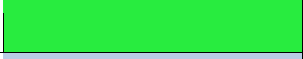


integriert.

Mit den Ergebnissen aus den Demonstrationen mit Kompost und Bodenverbesserungsmitteln wird kein wissenschaftlicher Anspruch erhoben. Die Demonstrationen gestatten tendenzielle Aussagen, die sich auf die konkreten Bedingungen vor Ort und in einem bestimmten Jahr beziehen. Die Demonstrationen mit Kompost und Bodenverbesserungsmitteln fanden auf ausgewiesenen Teilschlägen statt. Die Ausweisung von Teilschlägen basierte auf Auswertungen von koordinatenbasierten

- geophysikalischen Messungen,
- Messungen mit dem „YARA N-Sensor® ALS“¹⁵ und
- Werten von Ertragserfassungssystemen der Mähdrescher

mit geostatistischen Methoden, wie sie in Geografischen Informationssystemen (GIS) angeboten werden. Zum Schätzen der Werte eines Prüfmerkmals in einem Raster wurde die Interpolationsmethode „kriging“¹⁶ verwendet. Wenn keine landwirtschaftliche Klassifizierung eines Prüfmerkmals existierte, wurde das Datenmaterial eines Prüfmerkmals nach der Methode der „Natürlichen Unterbrechungen“¹⁷ klassifiziert. Die Tabelle 4 beschreibt die Bezeichnung und Farbgebung von kartierten Prüfmerkmalen dieses Berichts, wenn die Werte eines Prüfmerkmals in drei bzw. fünf Klassen eingeteilt wurden.

Tabelle 4: Beschreibung der Klassifizierung von kartierten Prüfmerkmalen

3 Klassen	5 Klassen	Farbe	
hoch	sehr hoch	rot	
-	hoch	gelb	
mittel	mittel	grün	
-	gering	türkis/hellblau	
gering	sehr gering	blau	

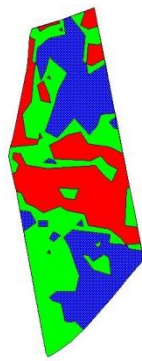
Weil im Vorhaben mit praxisüblichen Landmaschinen und einfachen Fragestellungen gearbeitet wurde, kam bei Versuchen eine darauf abgestimmte Versuchsanlage in Frage. Für die Versuchsdurchführung wurde die Langparzellenmethode ausgewählt. Sie zeichnet sich durch den Wechsel von Langparzellen mit einem Standard und mit einem Prüfglied aus. Zwischen zwei Standard-Langparzellen können bis zwei Prüfglied-Langparzellen liegen. Innerhalb einer Langparzelle wurden mindestens drei Wiederholungen angelegt. Messwerte von Prüfmerkmalen aus der Langparzellenanlage sind varianzanalytisch auswertbar. Die aus der Varianzanalyse abgeleiteten Grenzdifferenzen (GD) basierten auf dem Student-Test¹⁸. Es wurden normalverteilte Prüfmerkmale angenommen. Die Langparzellenmethode wurde bereits von RÜTHER (1952) als „überholt“ beschrieben. Der Autor ließ aber hinsichtlich dieser Versuchsmethode Ausnahmen zu, wenn sich ein Versuch technisch anders schwierig realisieren lässt. Die Abbildung 9 zeigt links beispielgebend Schlagzonen, die im Rahmen einer teilschlagbezogenen Demonstration unterschiedlich pflanzenbaulich bewirtschaftet werden könnten. Auf der rechten Seite dieser Abbildung ist eine Versuchsanlage nach der Langparzellenmethode mit vier Standard-Langparzellen und drei Prüfglied-Langparzellen zu sehen.

¹⁵ <http://www.yara.de/pflanzenernaehrung/tools-und-services/n-sensor/>

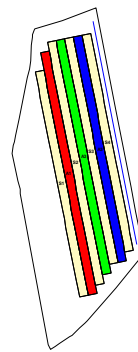
¹⁶ <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z00000076000000>

¹⁷ <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//00s50000001r000000>

¹⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/T-Test>



Teilschläge:
blau, grün, rot



Langparzellen:
Standards: gelb
Prüfglieder: blau, grün, rot

Abbildung 9: Beispiel für die Demonstrations- bzw. Versuchsart auf den LVG-Flächen

Die in diesem Vorhaben verwendeten Langparzellenanlagen wurden vor der Versuchsanlage mit der Software „MiniGIS“¹⁹ geplant. Zwei Traktoren des LVG Köllitsch waren mit „Trimble“-Autopilotensystemen²⁰ ausgestattet, die die mit „MiniGIS“ geplante automatisierte und zentimetergenaue Traktorenführung im Parallelfahrssystem auf dem Feld und durch die Langparzellen erlaubten. Alle eingesetzten Traktoren erhielten gleiche Referenzlinien für die Autopilotensysteme.

Um die Wirkung von Bodenverbesserungsmitteln unter landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen des LVG Köllitsch messbar nachzuverfolgen, wurden

- geophysikalische Methoden der Bodenerkundung,
- die koordinatenbasierte Bodenprobenahme (mit nachfolgender Bodenuntersuchung durch die BfUL),
- die koordinatenbasierte Messung der Pflanzenbestände mit dem „YARA N-Sensor® ALS“ und
- die koordinatenbasierte Messung der Pflanzenerträge auf Mähdreschern und einem Feldhäcksler

angewendet.

Die geophysikalischen Messungen und deren Kartierung vermitteln Einblicke in die Bodenheterogenität. Die Karten dieser Messungen können zum Beispiel zur gezielten Boden- und Pflanzenprobenahme oder zur Unterstützung der Ausweisung pflanzenbaulich unterschiedlicher Schlagzonen verwendet werden. In der Landwirtschaft kommen aus dem Bereich der geophysikalischen Messungen gegenwärtig elektrische und elektromagnetische geophysikalische Messverfahren zur Anwendung. Im Projekt wurde die geophysikalische Bodenerkundung mit dem „EM38“²¹ und dem „Geophilus electricus“²² durchgeführt. Der „Geophilus electricus“ war deshalb von Interesse, weil hier bodenschichtenbezogene Messwerte gewonnen werden. Das System „EM38“ arbeitet mit der elektromagnetischen Induktion. Die Messwerte werden in Milli(10^{-3})-Siemens pro Meter [mS/m] ausgewiesen und als scheinbare elektrische Leitfähigkeit angesehen. Die scheinbare elektrische Leitfähigkeit ist ein Summenparameter für den durchwurzelten Bodenraum.

¹⁹ <http://www.geo-konzept.de/de>

²⁰ z. B.: <http://www.geo-konzept.de/de> und <http://www.agricon.de/>

²¹ u. a. <http://www.geonics.com/index.html>

²² <http://www.geophilus.de/>

Die „EM38“-Messwerte werden korrigiert, weil Temperatur- und Feuchteschwankungen die Messungen beeinflussen. Unter anderem verwiesen RECKLEBEN & LAMP (2006) auf die Abhängigkeit der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit vom Ton- und Feuchtegehalt des Bodens. Das zweite angewendete geophysikalische Messgerät, der „Geophilus electricus“, erfasst die natürliche Gammaaktivität der oberen Bodenschicht (0 bis 30 cm). Erkannt werden Schlagzonen mit unterschiedlichem Ausgangsgestein bzw. Tongehalt. Beim zweiten Messverfahren des „Geophilus electricus“ wird der scheinbare elektrische Widerstand von fünf Bodenschichten bis 1,25 m Tiefe gemessen. Hohe Tongehalte bedingen niedrige Widerstände, sandige Bodenschichten haben hohe Widerstände. Mit steigender Bodenfeuchte sinkt der elektrische Widerstand.

Hinsichtlich der Bodenprobenahme kam der methodische Ansatz nach GRABO et al. (2007) zur Anwendung. Pro Hektar wurden vier Bodenbeprobungslinien mit einem GIS geplant. Auf einer Linie wurde eine Bodenmischprobe aus 20 Bohrstockeinstichen gewonnen.

Die spektroskopischen Messungen eines Pflanzenbestandes mit dem „YARA N-Sensor[®] ALS“ münden im so genannten Biomasseindexwert. Dieser Wert ist dimensionslos. Der Biomasseindexwert wird zur Bewertung der Stickstoffaufnahme eines Pflanzenbestandes herangezogen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Pflanzen gesund sind und kein anderer Pflanzennährstoffmangel oder -überschuss vorliegt. Die Verwendung der Biomasseindexwerte ist für diese Arbeit sinnvoll, weil ein Pflanzenbestand Stickstoff aufnehmen kann, wenn der Bodenwasserhaushalt dies zulässt. Selbiges ist zum Pflanzenertrag auf einer Fläche festzustellen. Mit den Erntemaschinen wurde der „ungestörte“ Kern einer Langparzelle gesondert beerntet („Kernernte“), das heißt, Feldstücken mit Fahrgassen, Lerchenfenstern oder Beschattungen durch bepflanzte Feldrandstreifen waren für die Ertragsmessung ausgeschlossen. In die varianzanalytische Auswertung gingen Ertragsmesswerte einer vollen Schnittbreite der Erntemaschine pro Langparzelle ein. Der Ertrag einer „Kernernte“ wurde gesondert abgefahren und gewogen. Der gewogene Ertrag wurde mit den Ergebnissen der automatischen Ertragsfassungssysteme der Erntemaschinen abgeglichen.

Auf die Begleitung der Demonstrations- und Versuchsflächen mit Messgeräten zur Erfassung der Bodenwassergehalte wurde im Projektverlauf verzichtet, weil dies im Rahmen der personellen Möglichkeiten nicht dauerhaft und kontinuierlich realisierbar war.

2.4 Herauszuhebende Witterungsabläufe in Köllitsch im Projektzeitraum

Der monatliche Niederschlag [mm], die mittlere Luftfeuchte [%] und die durchschnittliche Lufttemperatur [°C] (gemessen in zwei Meter Höhe) sind jahresbezogen für den Zeitraum 2009 bis 2014 in den Anlagen 1 bis 6 grafisch dargestellt. Zum besseren Verständnis der vorgestellten Ergebnisse ist die folgende Betrachtung pflanzenbaulich prägender Witterungsverläufe hilfreich.

Das Frühjahr 2010 war relativ kühl. Im Mai 2010 fiel überdurchschnittlich viel Regen. Anfang Juni 2010 begann eine Trocken- und Hitzeperiode, die extrem die Maisentwicklung beeinflusste. Am 17. Juli 2010 wurde diese Stressperiode mit 20 mm Niederschlag beendet. In den Folgewochen fielen wiederum überdurchschnittlich hohe Regenmengen, die besonders die Getreideernte erschwerten.

Im Jahr 2011 war es bis Mitte Juni zu trocken, wie es die Abbildung 10 verdeutlicht. Im März 2011 wurden 13 mm, im April 27 mm und im Mai 21 mm Regen gemessen. Die Wintergerste verkraftete dies ertragsseitig,

die Futtererbsen hingegen vertrockneten bis zum Erntetermin. Pflanzenbaulich relevante Regenmengen fielen erst zur Druschzeit, beginnend ab Juli 2011. Davon profitierte noch der Mais.

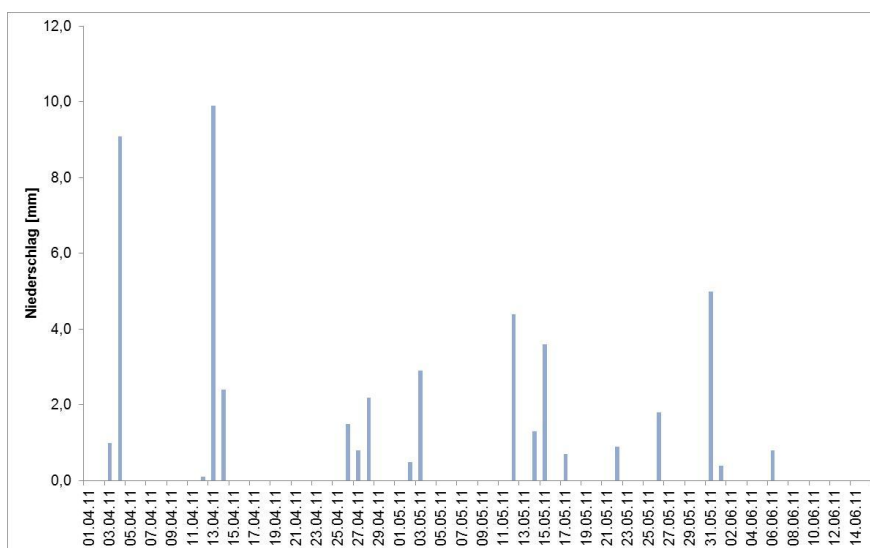


Abbildung 10: Niederschläge in Köllitsch im Zeitraum 1. April bis 15. Juni 2011

Im Winter von 2011 zu 2012 gab es starke Auswinterungen bei Winterraps und Wintergetreide. Im Frühjahr 2012 wurden der Winterweizen und die Wintergerste der 5-feldrigen Fruchtfolge mit wendender Bodenbearbeitung umgebrochen. Die Demonstrationen mit Bodenverbesserungsmitteln auf den Schlägen 121.34 (Winterweizenmonokultur) und der Versuch auf Schlag 123.23 (Winterraps) mussten wegen Auswinterungsschäden, ergänzt durch nachfolgende Trockenheit bis Mitte Mai 2012, abgebrochen werden. Der Winterraps der 5-feldrigen Fruchtfolge mit wendender Bodenbearbeitung kam mit einem pflanzenbaulich grenzwertigen Zustand aus dem Winter. Dieser Winterrapsbestand wurde bis zur Erntereife geführt. Kurz vor dem Drusch schädigte Hagel ganzflächig den Pflanzenbestand.

Im Jahr 2013 waren die Winterungen einem entschieden zu kalten Monat März ausgesetzt. Die Luftdurchschnittstemperatur, gemessen in 2 m Höhe, betrug im März 2013 $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Schneedecke begann Ende März 2013 langsam aufzutauen. Die Tag- und Nachtfroste dauerten bis Mitte April 2013 an. Die Böden waren durch den späten Frühlingsbeginn und getauten Schnee mit Wasser aufgefüllt. Im Zeitraum 1. Mai 2013 bis 25. Mai 2013 fielen 38,8 mm Regen. Anfang Mai 2013 war das Befahren der Flächen kaum noch möglich, weil das Niederschlagswasser in den Fahrgassen stand. In der Zeitspanne 25. Mai 2013 bis 2. Juni 2013 fielen weitere 111,7 mm Regen. Diese Wassermengen konnte der Boden nicht aufnehmen. Das Regenwasser floss oberflächlich direkt ab. Die Elbe trat am 4. Juni 2013 im Gebiet des LVG über die Ufer und überflutete etwa 300 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche. Dabei wurde auch eine Versuchsanlage mit Bodenverbesserungsmitteln überschwemmt. Ab dem 8. Juni 2013 sank der Elbepegel langsam ab. Mit dem Sinken des Elbepegels begann im Juni 2013 eine warme Witterungsperiode. Am 20. Juni 2013 regnete es in fünf Stunden 26 mm. Diese Regenmenge war eine weitere zusätzliche Standfestigkeitsbelastung für das Getreide.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Versuche in der Nossener Mitscherlich-Gefäßstation

Der Mitscherlich-Gefäßversuch mit *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen in Hafer wurde Ende August 2013 geerntet. Die Prüfglieder 1 bis 8 der Abbildung 11 sind in der Tabelle 1 aufgeführt und zeigen die mittleren relativen Hafererträge (Korn und Stroh). Bezugsbasis war das Prüfglied 2, mineralisch gedüngt und ohne *Bacillus subtilis* sowie Bodenpilze.

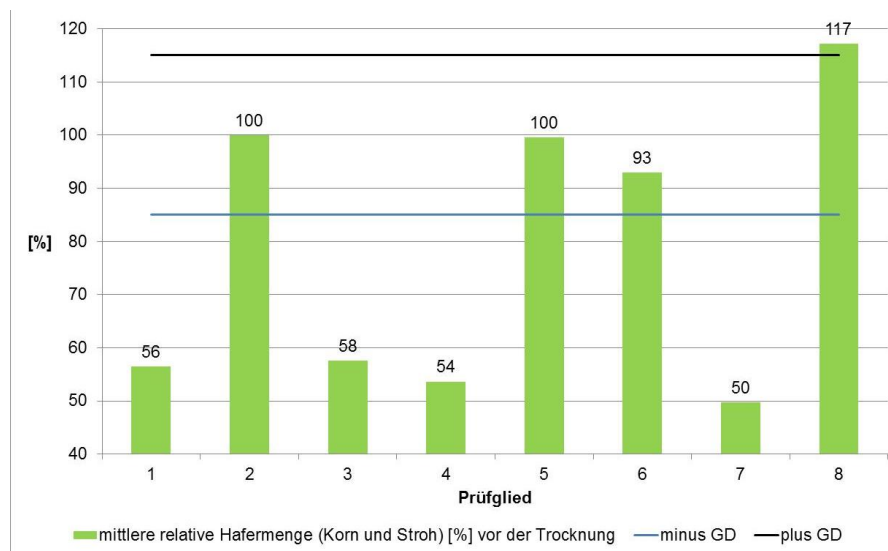


Abbildung 11: Haferrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen, 2013 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 1)

Die nicht mineralisch gedüngten Prüfglieder

- 1 (ohne *Bacillus subtilis* und Bodenpilze),
- 3 (mit *Bacillus subtilis*),
- 4 (mit Bodenpilzen) und
- 7 (mit *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen)

unterschieden sich ertragsseitig nicht. Selbiges war auch für die mineralisch gedüngten Prüfglieder

- 2 (ohne *Bacillus subtilis* und Bodenpilze),
- 5 (mit *Bacillus subtilis*) und
- 6 (mit Bodenpilzen)

festzustellen. Einzig das Prüfglied 8 (mineralisch gedüngt, mit *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen) hob sich nach der Grenzdifferenz in der Abbildung 11 vom Prüfglied 2 (mineralisch gedüngt, ohne *Bacillus subtilis* und Bodenpilze) ab. Die GD ($t_{\text{zweiseitig}}$) betrug 8,5 %, bei einem Risiko erster Art von 25 % ($\alpha = 0,25$). Bei einer GD ($\alpha = 0,05$, $t_{\text{zweiseitig}}$) vergrößerte sich die Grenzdifferenz auf 15 % beim paarweisen Mittelwertvergleich. 17 % Mehrertrag beim Prüfglied 8 gegenüber dem Prüfglied 2 könnten zufällig gewesen sein. Der Ertrag von Prüfglied 8 war auch deshalb nicht zweifelsfrei nachvollziehbar, weil die nicht mineralisch gedüngten Prüfglieder

- 3 (mit *Bacillus subtilis*),
- 4 (mit Bodenpilzen) und
- 7 (mit *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen)

einen Minderertrag erzielten.

Die Pflanzennährstoffzüge an Stickstoff, Phosphor und Kalium durch Haferkorn und -stroh folgten den Feststellungen für die Erträge der Haferganzpflanzen wie es aus der Abbildung 12 ersichtlich ist.

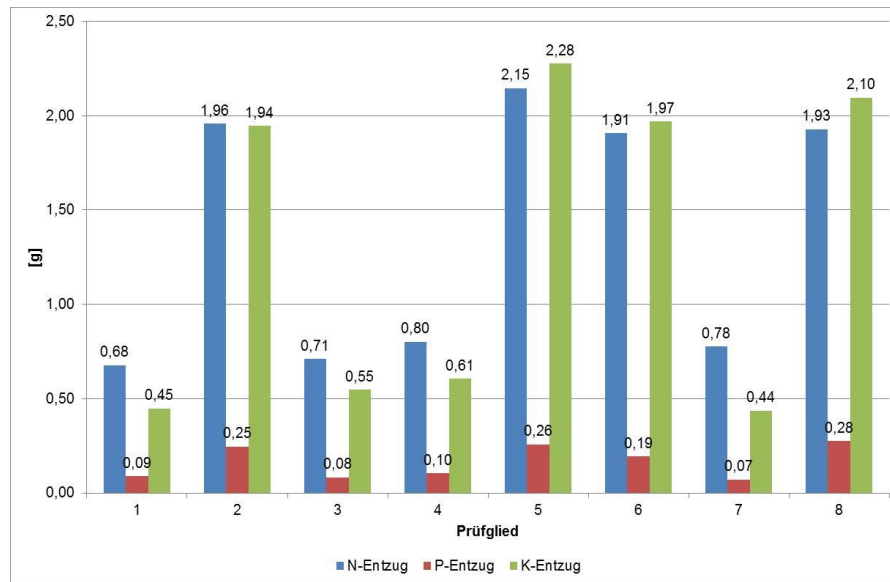


Abbildung 12: Hafer Nährstoffzüge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen, 2013 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 1)

Nach der Haferernte wurden prüfgliedweise Bodenmischproben genommen, um deren mikrobielle Biomasse [mg C/100 g TM] nach ISO 14240-1²³ zu bestimmen. Diese Aufgabe übernahm die „BioChem agrar“ GmbH mit Sitz im sächsischen Gerichshain. Im Ergebnis dieser Laboruntersuchung gab es keine eindeutig auf *Bacillus subtilis* und Bodenpilze zurückzuführende Steigerung der mikrobiellen Biomasse des Bodens wie es in der Abbildung 13 gezeigt wird.

²³ http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=21530

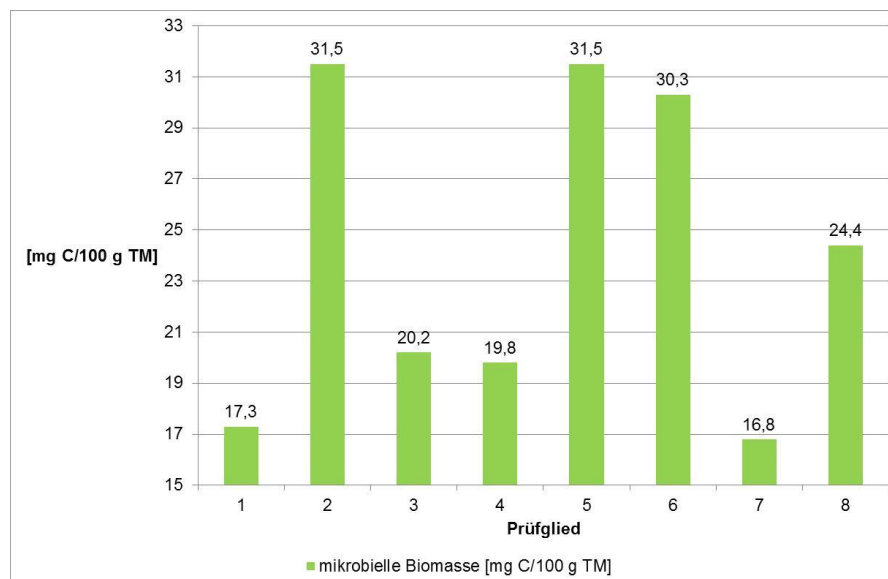


Abbildung 13: Mikrobielle Biomasse des Bodens vom Hafer-Mitscherlich-Gefäßversuch, 2013 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 1)

Zusätzlich wurden von der ersten Wiederholung der Prüfglieder Wurzeln mit anhaftender Erde entnommen und zur Untersuchung auf Bodenpilze dem Umweltforschungszentrum (UFZ) Leipzig, Department Umweltmikrobiologie des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung, übergeben. Im UFZ konnte keine Mykorrhizierung der Haferwurzeln festgestellt werden. Aus den Ergebnissen des Mitscherlich-Gefäßversuches von 2013 ergaben sich für die Versuchsdurchführung im Jahr 2014 in Mais folgende Präzisierungen:

- Die zum Ansatz der Mitscherlich-Gefäße verabreichte Stickstoffdüngung wird reduziert.
- Das Produkt „Mykonor Bio-Schutz“ (mit *Bacillus subtilis*) wird gegen das Produkt „Mykonor Bio-NPK“ (mit *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus megaterium*, *Frateuria aurantia*) ausgetauscht. „Mykonor Bio NPK“ wird vor dem Auflaufen der Saat eingeschwemmt.
- Nach dem Auflaufen der Saat wird das Produkt „Mykonor Bio-AKTIV“ durch Injektion wurzelnah ausgebracht.

Die Prüfglieder des Mitscherlich-Gefäßversuchs im Jahr 2014 mit Mais beschreibt die Tabelle 5. Bezugsbasis war das Prüfglied 2 (75 % N-Düngung, ohne Bodenbakterien und -pilze).

Tabelle 5: Prüfglieder des Mais-Mitscherlich-Gefäßversuchs mit Bodenbakterien und -pilzen, 2014

Prüfglied	N-Düngung	Bodenbakterien	Bodenpilze
1	100 %	-	-
2	75 %	-	-
3	-	x	-
4	-	-	x
5	75 %	x	-
6	75 %	-	x
7	-	x	x
8	75 %	x	x

Am 21. März 2014 wurden acht Maiskörner pro Mitscherlich-Gefäß gesteckt. Die Bakterienlösung wurde am 4. April 2014 eingeschwemmt. Die „Mykonor Bio-AKTIV“-Lösung mit Bodenpilzen wurde nach dem Auflaufen der Maispflanzen (7. April 2014) in unmittelbarer Wurzelnähe der kleinen Maispflanzen am 10. April 2014 injiziert. Mehrere Tage danach war Pilzmyzel an der Bodenoberfläche sichtbar (Abbildung 14).



Abbildung 14: Bodenoberflächen in Mitscherlich-Gefäßen mit und ohne „Mykonor Bio-AKTIV“, 11. April 2014

Am 19. Juni 2014 wurde auf vier Maispflanzen pro Mitscherlich-Gefäß vereinzelt. Bei dieser Gelegenheit wurden Pflanzenwurzeln der Prüfglieder 1, 4, 6, 7 und 8 (ohne und mit „Mykonor Bio Aktiv“) mit anhaftender Erde gewonnen. Diese gingen, wie im Vorjahr, zur Untersuchung auf Bodenpilze an das UFZ Leipzig. Im UFZ Leipzig konnte, wie im Vorjahr, keine Mykorrhizierung der Wurzeln festgestellt werden. Der Versuch wurde am 10. Juli 2014 geerntet. Signifikante Prüfgliedunterschiede wurden beim Prüfmerkmal „Maisertrag“ nicht festgestellt (Abbildung 15).

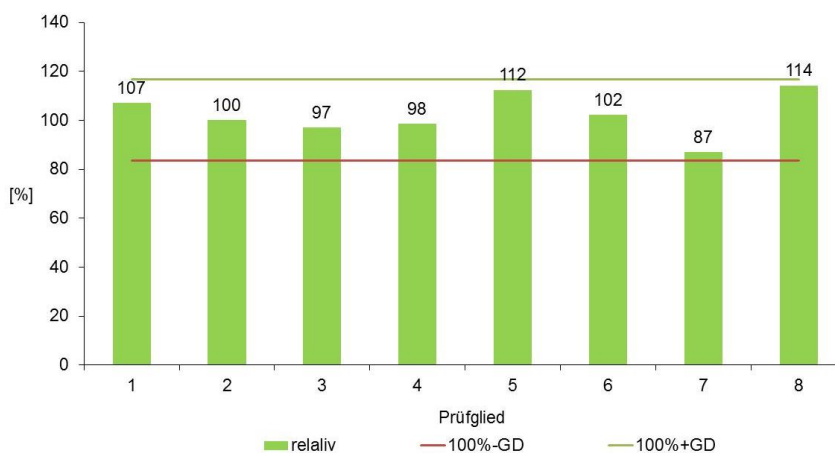


Abbildung 15: Maisrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit Bodenbakterien und -pilzen, 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 5)

Die GD ($\alpha = 0,25$, $t_{zweiseitig}$) lag beim paarweisen Mittelwertvergleich bei 17 %. Die der Ernte folgende laboranalytische Bodenuntersuchung ließ keinen Schluss hinsichtlich einer Erhöhung an pflanzenverfügbarem Phosphor oder Kalium im Boden zu. Dem Mais folgte im Nachbau die Ackerbohne. Zur Ackerbohne gab es keine weitere Applikation von Bodenbakterien und -pilzen. Die Prüfglieder

- 1 (100 % N-Düngung) und
- 8 (75 % N-Düngung, mit Bodenbakterien und -pilzen)

zeigten bei einer GD ($\alpha = 0,25$, $t_{\text{zweiseitig}}$) für den paarweisen Mittelwertvergleich von 24 % signifikante Mehrerträge bei der Pflanzenfrischmasse. Mittels additiver Effekte, die dem varianzanalytischen Modell zugrunde liegen, ließ sich der Frischmasseertrag von Prüfglied 8 erneut nicht erklären (Abbildung 16).

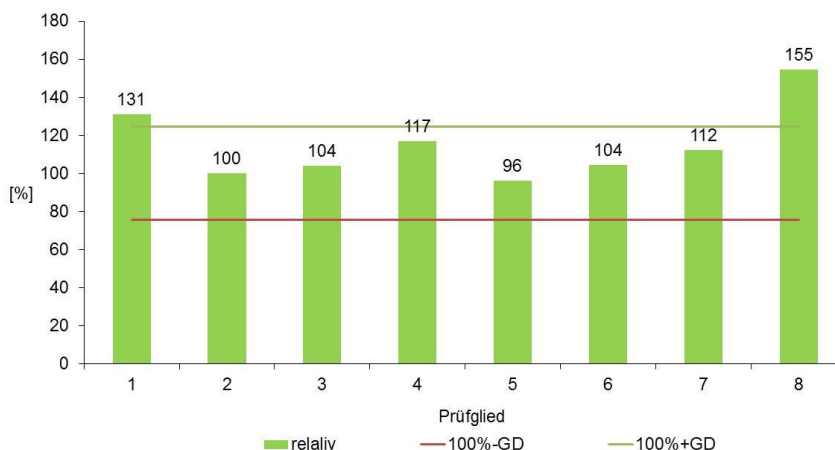


Abbildung 16: Ackerbohnenrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit Bodenbakterien und -pilzen, 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 5)

Am 6. April 2014 erfolgte der Ansatz der Mitscherlich-Gefäße, entsprechend der Prüfglieder der Tabelle 2, zum Test der Wirkung von „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ auf den Ertrag von Sommerweizen. Das Saatgut für die Prüfglieder 6 bis 9 wurde mit der *Azoarcus*-Lösung vor der Saat besprüht. Die *Azotobacter*-Lösung für die Prüfglieder 3, 5, 7 und 9 wurde zu Beginn des Schossens (BBCH 30²⁴) des Sommerweizens auf den Boden gesprüht. Die kontinuierliche automatische Mitscherlich-Gefäßbewässerung garantierte die Einschwemmung der Lösung mit *Azotobacter* in den Boden. Der Sommerweizen wurde am 23. Juli 2014 geerntet, Korn und Stroh getrennt. Wird das Prüfglied 2 als Bezugsbasis angenommen, dann gab es bei einem Risiko erster Art von 0,05 keine signifikanten Kornertragsunterschiede. Erst bei einer GD ($\alpha = 0,25$, $t_{\text{zweiseitig}}$) für den paarweisen Mittelwertvergleich von 26 % zeigte das Prüfglied 8 (100 % N-Düngung, mit *Azoarcus*) signifikante Kornmehrerträge an, wenn das Prüfglied 2 (50 % Stickstoffdüngung) als Bezugsbasis angenommen wird (siehe Abbildung 17).

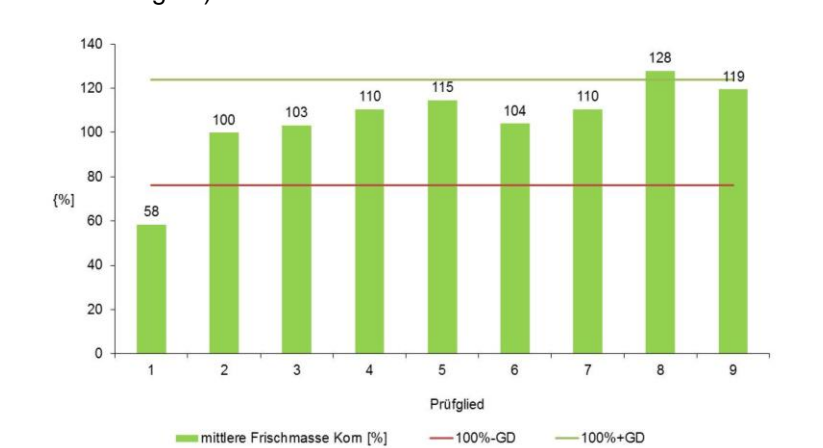


Abbildung 17: Sommerweizenkornrelativerträge vom Mitscherlich-Gefäßversuch mit *Azoarcus* und *Azotobacter*, 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 2)

²⁴ http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/bbch/BBCH-Skala_deutsch.pdf

Wie beim Kornenertrag, fiel der Strohertrag von Prüfglied 1 (keine Düngung und keine Bodenbakterien) durch einen signifikanten Minderertrag auf. Die GD ($\alpha = 0,25$, $t_{zweiseitig}$) für den paarweisen Mittelwertvergleich betrug beim Prüfmerkmal „Strohertrag“ 16 %. Bei einer GD ($\alpha = 0,05$, $t_{zweiseitig}$) lag der Wert bei 28 % wie in der Abbildung 18 dargestellt.

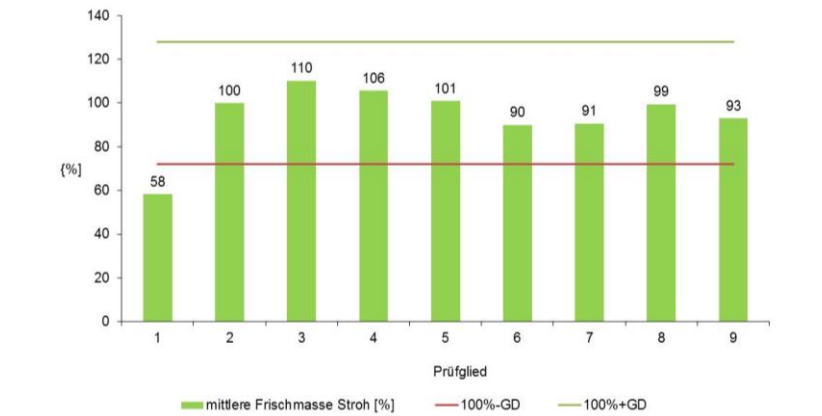


Abbildung 18: Sommerweizenstrohrelativerträge vom Mitscherlich- Gefäßversuch mit *Azoarcus* und *Azotobacter*, 2014 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 2)

3.2 Demonstrationen und Versuche im LVG Köllitsch

3.2.1 Komposte

Mit Beginn der Kompostierung im Jahr 2008 erfolgten punktuell begleitende Temperaturmessungen des Kompostansatzes (siehe Abbildung 19, gelbe Punkte). Dieser Frischkompost durchlief die thermophile Phase mit 70 °C, gefolgt von der mesophilen Phase. Nach dem zweiten Umsetzen der Miete lag ein technologisch unproblematisches, grob strukturiertes Material vor.

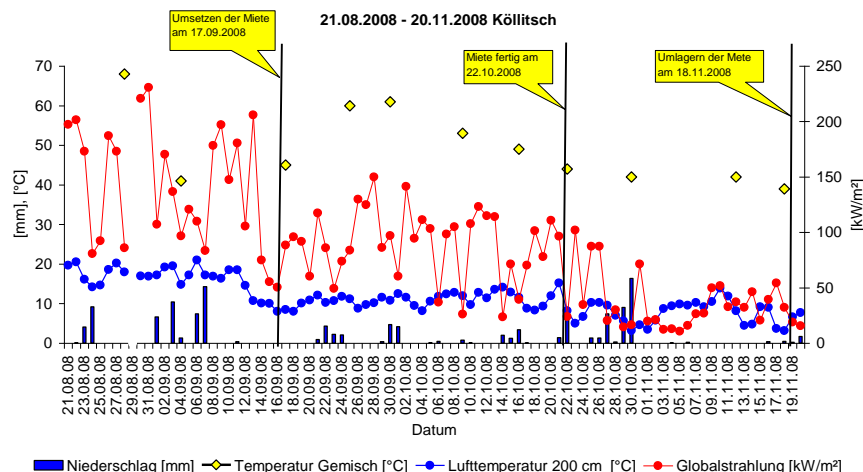


Abbildung 19: Temperaturverlauf während der Kompostierung 2008 im LVG

Die BfUL untersuchte 2008 und in den Folgejahren die Kompostausgangstoffe und den Kompost. Der nachfolgenden Tabelle sind die Laboruntersuchungswerte für das Jahr 2008 zu entnehmen.

Tabelle 6: Laboruntersuchungswerte von organischen Feststoffen aus der Testkompostierung, 2008

		Rinderdung	Maissilagerest	Kompost
Probenahme	Datum	29.07.2008	29.07.2008	16.10.2008
TS	[%]	46,6	46,2	56,8
pH		8,61	4,03	8,47
N _{gesamt}	[% in der TM]	0,73	0,62	0,71
NH ₄ -N	[% in der TM]	0,06	0,17	0,06
P ₂ O ₅ _{gesamt}	[% in der TM]	1,97	0,44	0,77
K ₂ O _{gesamt}	[% in der TM]	2,83	0,8	1,97
CaO	[% in der TM]	2,58	0,2	1,2
MgO	[% in der TM]	1,15	0,16	0,62
Cu	[mg/kg TM]	87,3	4,28	26,7
Zn	[mg/kg TM]	459	14,4	171
Salzgehalt	[mg/100 g]	2030	1040	1380

Der Stickstoffgehalt des Endproduktes lag wenig unter dem des Rinderdunges. Deutlich niedriger fielen die Phosphor-, Kalium-, Kalzium- und Magnesiumwerte des Kompostes gegenüber dem Rinderdung aus, was sich mit den beigemischten Maissilageresten erklären ließ. Am 16. April 2009 wurde der Kompost aus dem Jahr 2008 mit Sudangrashäcksel gemischt und zu einer neuen Miete geschichtet. Dieses Material wurde nicht mehr umgesetzt. Hinzuweisen ist auf das Wasserbindevermögen des Kompostansatzes von 2009. Die Abbildung 20 dokumentiert die Aufnahme von etwa 10 mm Regenwasser durch Kompost und Dung im Mai 2009. Beim gestapelten Rinderdung lief das Regenwasser als Jauche ab und füllte die Sammelbehälter.



kein Wasser an der Basis des Kompoststapels



Wasser an der Basis des Dungstapels

Abbildung 20: Regenwasseraufnahme von Kompost und Dung im Mai 2009 im LVG

Die Ergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen dieser Stoffe durch die BfUL sind der Tabelle 7 zu entnehmen. Die Trockensubstanz und der N-Gehalt des Kompostes fielen deutlich höher als beim Dung aus.

Tabelle 7: Laboruntersuchungswerte von Rinderdung und Kompost, 2009

		Rinderdung	Kompost
Probenahme	Datum	01.10.2009	20.08.2009
TS	[%]	37,4	85,5
pH		9,16	8,01
N _{gesamt}	[% in der TM]	1,83	2,63
P ₂ O ₅ _{gesamt}	[% in der TM]	1,18	1,60
K ₂ O _{gesamt}	[% in der TM]	5,6	2,79
MgO	[% in der TM]	0,88	-
Cu	[mg/kg TM]	38,4	55,4
Zn	[mg/kg TM]	197	305,0

Im Jahr 2010 begann die Kompostierung mit dem im Oktober 2010 angelieferten Kompostwender „NEUSON TEC30“. Weil das Durchfahrtsilo wegen der Maisernte belegt war, wurden am Feldrand des Schlag 121.21 Kompostmieten aufgebaut und nachfolgend mit dem Kompostwender bearbeitet (Abbildung 21). Im frisch abgekippten Material lag am 2. November 2010 die Temperatur im Kernbereich bei 36 °C, im Randbereich bei 20 °C. Innerhalb von 24 Stunden stieg die Temperatur im Mietenkern auf 53 °C und es wurden 12 bis 14 Volumenprozent Sauerstoff gemessen. Für die operativen Mietengasmessungen wurden die Geräte „Indikator Testoryt CO₂“ und „Indikator Testoryt O₂“ der Firma „Compost Systems“ GmbH²⁵ verwendet.



Abbildung 21: Kompostwender „NEUSON TEC30“ in Aktion, Schlag 121.21, 2. November 2010

Am 10. November 2010 wurden die Mieten erneut gewendet. Die vor dem Wenden gemessenen Temperaturen im Mietenkern schwankten von 20 bis 50 °C. Der Mietenkern hatte aber nur sechs Volumenprozent Sauerstoff (O₂) und 14 Volumenprozent Kohlendioxid (CO₂). Nach dem Wenden der Mieten wurden im Mietenkern 9 °C gemessen. Dieser Wert entsprach der Außenlufttemperatur. Die gewendete Miete hatte mehr als 20 Volumenprozent O₂ und ein Volumenprozent CO₂ (siehe Abbildung 22).

²⁵ <http://www.compost-systems.com/>

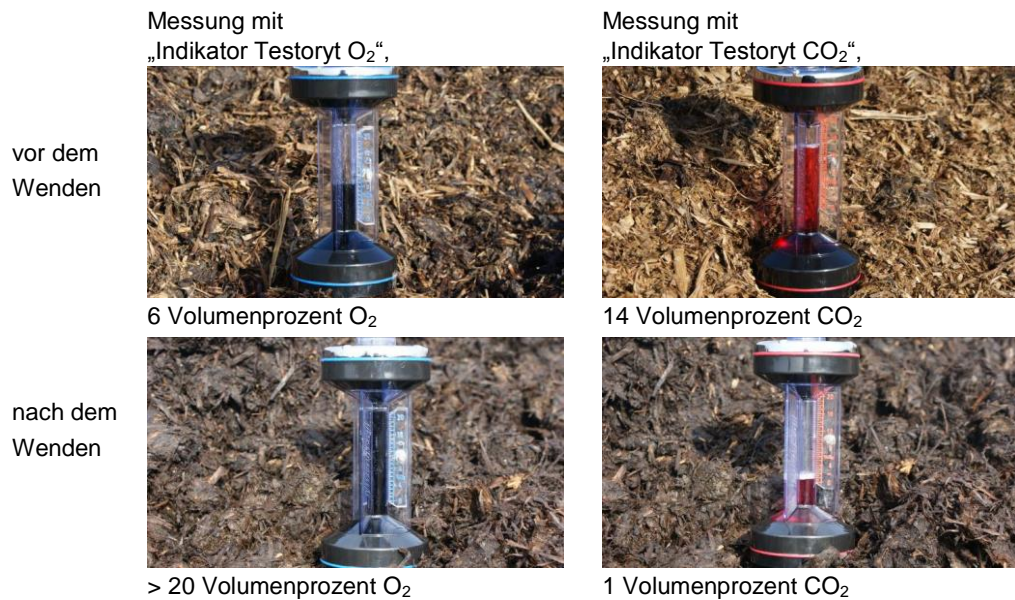


Abbildung 22: Sauerstoff- und Kohlendioxidmessungen im Mietenkern am 10. November 2010, Schlag 121.21

Die Messungen des Sauerstoff- und Kohlendioxidgehaltes sowie der Temperatur im Mietenkern vom 18. November 2010 ergaben, dass ein erneutes Wenden der Mieten nicht erforderlich war. Der Mietenkern hatte 13,5 Volumenprozent O₂ und drei Volumenprozent CO₂. Unmittelbar vor der Ausbringung des Kompostes, am 25. November 2010, erfolgte die letzte Messung des Sauerstoff- und Kohlendioxidgehaltes sowie der Temperatur im Mietenkern. Die Temperatur des Mietenkerns lag bei 36 °C, der Sauerstoff lag bei 15 und das Kohlendioxid bei 1,5 Volumenprozent.

Die Tabelle 8 zeigt die Entwicklung der Inhaltsstoffe vom Dung aus dem Offenstall bis zum fertigen Kompost, der auf den Schlag 121.21 im Jahr 2010 gestreut wurde. Hinzuweisen ist auf einen Stickstoffverlust durch die Kompostierung.

Tabelle 8: Laboruntersuchungswerte von organischen Feststoffen, 2010

		Rinderdung aus dem Offenstall	Kompost der Feldrand- miete	Kompost der Feld- randmiete
Probenahme	Datum	28.4.2010	10.11.2010	25.11.2010
TS	[%]	36,4	20,5	25,3
pH		8,19	8,6	8,08
N _{gesamt}	[% in der TM]	1,08	0,59	0,65
NH ₄ -N	[% in der TM]	0,15	0,16	0,05
P ₂ O ₅ _{gesamt}	[% in der TM]	1,28	1,48	1,65
K ₂ O _{gesamt}	[% in der TM]	3,57	4,93	3,26
CaO	[% in der TM]	1,68	2,13	2,82
MgO	[% in der TM]	0,58	0,70	1,03
Cu	[mg/kg TM]	31,1	37,5	31,9
Zn	[mg/kg TM]	165	184	184
Fe	[mg/kg TM]	1920	2240	3540
Salzgehalt	[mg/100 g]	1721	1536	1272

Am 22. Februar 2011 erfolgte erstmalig die Aufbringung von 600 kg „Quaterna® Activa“ auf den Tiefstreu der Rinder im Offenstall, gemäß der Abbildung 5. Die bestreute Fläche betrug 200 m² (Länge 20 m x Breite 10 m). Die zweite Gabe von 600 kg „Quaterna® Activa“ wurde am 28. März 2011, ebenfalls auf die am 22. Februar 2011 bestreute Fläche, gegeben. Das Ausstallen der Rinder begann am Ende April 2011. Den optisch unterschiedlichen Zustand des hinterlassenen Dungs zeigt die Abbildung 23. Auf der rechten Seite ist die mit „Quaterna® Activa“ behandelte Fläche zu sehen.



ohne „Quaterna® Activa“

mit „Quaterna® Activa“

Abbildung 23: Optisch unterschiedlicher Zustand des Rinderdungs am 27. April 2011

Der Rinderdung erreichte über die Winterperiode eine mittlere Höhe von 45 cm. Die Luft im Dung hatte am 3. Mai 2011 in 25 cm Tiefe über 20 Volumenprozent CO₂ und Null Volumenprozent O₂. Wie in der Abbildung 6 bereits vorgestellt, wurde der Dung zu einer durchgehenden Dungmiete aufgestapelt, getrennt nach Variante

- 1 (Dung) und
- 2 (Dung mit „Quaterna® Activa“).

Am 12. und 17. Mai 2011 wurde festgestellt, dass aus der Dungmiete nach Variante 1 Jauche austrat, während dies bei Variante 2 (Dung mit „Quaterna[®] Activa“) nicht der Fall war (siehe Abbildung 24).



Abbildung 24: Austritt von Jauche an der Mietenbasis bei Variante 1 am 12. und 17. Mai 2011

Das erste Wenden dieser Miete erfolgte am 26. Mai 2011. Am 15. Juni 2011 hatte der Mietenteil mit Rinderdung eine geringere Höhe als der Mietenteil mit Rinderdung und „Quaterna[®] Activa“. Dieser hatte seine ursprüngliche Höhe nach dem Wenden behalten. Das zweite Wenden der Miete erfolgte am 23. Juni 2011. Es wurde am 12. Juli 2011 eine deutlich stärkere Verpilzung beim Rinderdung mit „Quaterna[®] Activa“ im Mietenquerschnitt festgestellt. Dieser unterschiedliche Grad der Verpilzung hielt bis zum dritten Umsetzen am 2. August 2011 an, wie es die Abbildung 25 belegt.

Verpilzung beim Rinderdung

Verpilzung beim Rinderdung mit
„Quaterna® Activa“

12. Juli 2011



2. August 2011



Abbildung 25: Grad der Verpilzung in der Dungmiete am 12. Juli und 2. August 2011

2012 wurde am 16. März 2012 600 kg „Quaterna® Activa“ bei Variante 2 aufgebracht. Eine zweite Applikation erfolgte nicht. Die Variante 1 blieb ohne „Quaterna® Activa“ bis zum Ausstallen der Rinder. Die Dungmieten wurden am 23. Mai 2012 aufgesetzt. Der bisher nicht mit „Quaterna® Activa“ behandelte Dung der Variante 1 wurde vorab im Offenstall mit 600 kg „Quaterna® Activa“ bestreut.

Beim ersten Wenden der Miete ließ sich der Mietenabschnitt mit Dung und „Quaterna® Activa“-Applikation im Offenstall leichter mit dem Kompostwender bearbeiten. Nach dem zweiten Wenden der Miete war die Streufähigkeit des organischen Materials für eine technologisch reibungslose organische Düngung gegeben. Zur laboranalytischen Untersuchung in der BfUL wurden zwei Varianten eingereicht:

- Variante 1: Dung aus dem Offenstall, „Quaterna® Activa“ am 23. Mai 2012, unmittelbar vor dem Aufsetzen der Miete, auf den Dung gestreut,
- Variante 2: Dung aus dem Offenstall, „Quaterna® Activa“ am 16. März 2012 auf den Dung gestreut.

Die Ergebnisse sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Laboruntersuchungswerte von organischen Feststoffen, 2012 (Variante 1: Dung aus dem Offenstall, „Quaterna® Activa“ unmittelbar vor dem Aufsetzen der Miete, auf den Dung gestreut und Variante 2: Dung aus dem Offenstall, „Quaterna® Activa“ zwei Monate vor dem Aufsetzen der Miete im Offenstall auf den Dung gestreut)

Probenahme	Datum	Variante 1		Variante 2	
		15. Mai 2012	15. Mai 2012	6. Aug. 2011	6. Aug. 2012
TS	[%]	33,6	36,6	29,6	32,2
pH		8,78	8,65	8,2	7,85
N _{gesamt}	[% in der TM]	0,71	0,82	0,95	0,58
NH ₄ -N	[% in der TM]	0,08	0,11	0,06	0,03
P ₂ O ₅ _{gesamt}	[% in der TM]	0,92	1,01	1,57	1,23
K ₂ O _{gesamt}	[% in der TM]	4,96	3,36	6,65	6,65
CaO	[% in der TM]	1,87	7,17	4,19	4,31
MgO	[% in der TM]	0,75	0,74	0,93	0,82
Cu	[mg/kg TM]	19	24	25	19
Zn	[mg/kg TM]	106	123	134	111

Im Vergleich zur Variante 2 (frühe Applikation von „Quaterna® Activa“) fiel der Stickstoffgehalt des organischen Feststoffs nach Variante 1 im August 2012 höher aus.

Tabelle 10 und Tabelle 11 informieren zu den gemessenen mittleren Temperaturen und Volumenprozent an CO₂ und O₂ in der Dungmiete im Zeitraum Mai bis August 2012. Die dargestellten Mittelwerte basieren auf vier Wiederholungen jeder Messung. Im Gegensatz zum Jahr 2011 war der Mietenabschnitt mit Dung und „Quaterna® Activa“ (nach Variante 2) im Messzeitraum 2012 nicht durchgängig wärmer und sauerstoffreicher. Nach Auskunft des Produzenten von „Quaterna® Activa“ könnte dies auf die ausgetauschte Trägersubstanz für die mikrobiologischen Produktbestandteile zurückzuführen sein. Änderungen an der Trägersubstanz wurden aus düngemittelrechtlichen Gesichtspunkten vorgenommen. Nach dem 1. August 2012 konnten wegen des kompostierungsbedingten Substratverlustes (geringere Mietenhöhe) in 2 m Tiefe keine Temperaturmessungen mehr erfolgen.

Tabelle 10: Temperaturmessungen in der Dungmiete, 2012 (Varianten nach Tabelle 9)

Datum	mittlere Temperatur in 1 m Tiefe [°C]		mittlere Temperatur in 2 m Tiefe [°C]	
	Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2
23. Mai 2012	51,8	63,3	48,5	63,5
30. Mai 2012	63,5	58,5	62,5	56,0
13. Juni 2012	55,0	57,3	51,8	55,8
1. August 2012	38,5	36,8	-	-
6. August 2012	40,3	33,3	-	-
15. August 2012	40,8	40,3	-	-

Tabelle 11: Sauerstoff- und Kohlendioxidmessungen in der Dungmiete, 2012 (Varianten nach Tabelle 9)

Datum	CO ₂ [Volumen-%]		O ₂ [Volumen-%]	
	Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2
30. Mai 2012	14,0	14,5	6,5	10,5
13. Jun 2012	11,5	13,3	11,3	8,3
21. Juni 2012	9,8	8,5	7,3	8,5
1. August 2012	9,8	16,5	6,0	4,0
6. August 2012	11,3	19,0	6,5	3,8
15. August 2012	19,0	18,5	2,0	2,5

Im Jahr 2013 wurden am 8. März 600 kg „Quaterna[®] Activa“ auf den Rinderdung im Offenstall aufgestreut, wie nach Variante 2 der Abbildung 5 vorgesehen. Die Kompostmiete wurde erst am 27. Mai 2013 aufgesetzt, weil die Kompostierungsfläche für die Zwischenlagerung von Teichschlamm gebraucht wurde. 97 mm Regen bis zum 4. Juni 2013 konnte die Kompostmiete nicht aufnehmen. Folgend kam es zu einem erheblichen Jaucheanfall, der abgeleitet und gesammelt wurde (siehe Abbildung 26). Die in kurzer Zeit gefallenen Niederschläge legten anschaulich die Sinnhaftigkeit der Kompostierung unter Dach nahe, die zum Zeitpunkt nicht im LVG Köllitsch möglich war.



Abbildung 26: Zustand der Dungmiete am 4. Juni 2013

Um die Mientemperaturmessung zu automatisieren, wurden am 4. Juni 2013 „HOBO“-Temperatursensoren²⁶ in die Dungmiete eingesetzt. Die erste Temperaturmesszeitspanne war der Zeitraum 4. Juni 2013 bis 18. Juni 2013 (siehe Abbildung 27). Der Mienteil mit Dung und „Quaterna[®] Activa“ nach Variante 2 hatte in 2 m Mientiefe über 70 °C bis zum 10. Juni 2013. In 2 m Mientiefe wurde dieser Temperaturbereich bei der Variante „Dung“ (Variante 1) nicht erreicht (siehe Abbildung 28). Die Temperatur in 20 cm Mientiefe folgte der Außenlufttemperatur.

²⁶ <http://www.onsetcomp.com/>

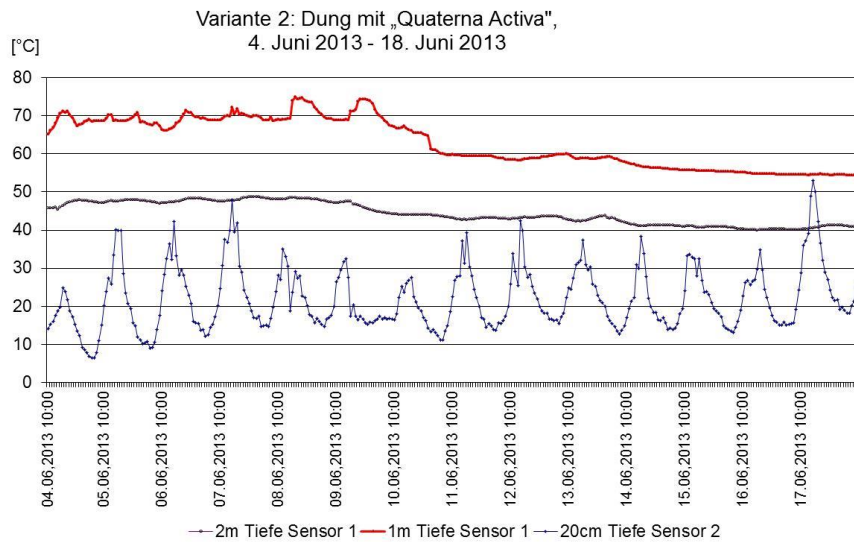


Abbildung 27: Temperaturverlauf in der Dungmiete, Variante 2: Dung mit „Quaterna® Activa“, 2013

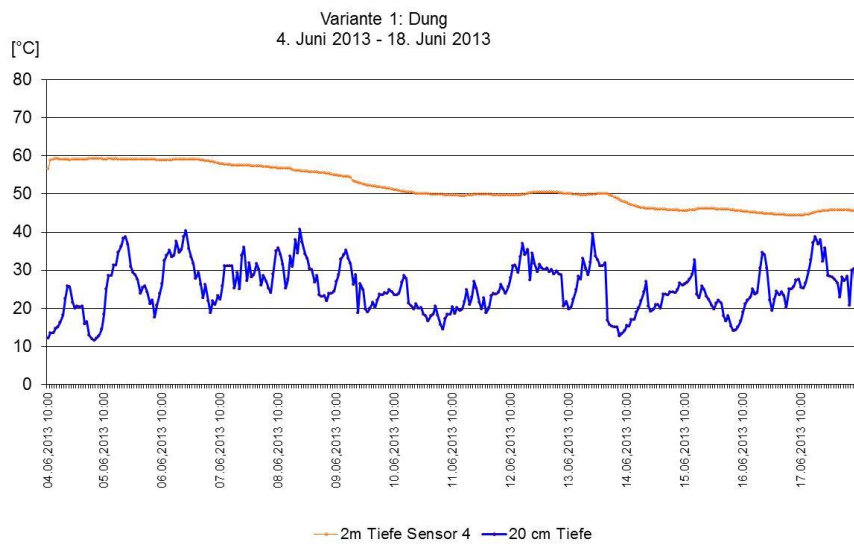


Abbildung 28: Temperaturverlauf in der Dungmiete, Variante 1: Dung, 2013

Ein Wenden der Dungmiete war mit dem Kompostwender am 25. Juli 2013 nicht mehr möglich, weil die Mietenbasis niederschlagsbedingt zu stark verdichtet war (siehe Abbildung 29).



Abbildung 29: Verdichtete Dungmietenbasis am 25. Juli 2013

Hinzu kam, dass wegen operativer Baumaßnahmen im Durchfahrtsilobereich und am Offenstall die Kompostierung vorzeitig abgebrochen werden musste. Die teilschlagbezogene Ausbringung des Feststoffs erfolgte am 6. August 2013 auf den Schlag 123.1. In Jahr 2014 wurde eine weitere Kompostierung durchgeführt. Die pflanzenbauliche Auswertung zu diesem Kompost kann nicht mehr im Rahmen dieses Berichts erfolgen.

3.2.2 Bodenverbesserungsmittel

Nachfolgend werden Demonstrationen und Versuche unter Praxisbedingungen mit den Bodenverbesserungsmitteln „AKRA Azoarcus“, „AKRA Azotobacter“, „BlackJak® SC“, „Mykonor Bio-Schutz“, „Mykonor Bio-NPK“, „Mykonor Bio-AKTIV“ und „Quaterna® Terra“ sowie Kompost vorgestellt. Das verwendete „Quaterna® Terra“ unterschied sich jahresabhängig etwas bezüglich der Pflanzennährstoffgehalte, wie die Tabelle 12 zeigt. Mit diesen Schwankungen war zu rechnen, weil das Pilzträgermaterial des „Quaterna® Terra“ biologischen Ursprungs war. Die Produkte „Quaterna® Activa“ und „Quaterna® Terra“ unterschieden sich hinsichtlich der Pflanzennährstoffgehalte deutlich wegen der unterschiedlichen Trägermaterialien für die mikrobiologischen Produktbestandteile.

Tabelle 12: Laboruntersuchungswerte von Bodenverbesserungsmitteln

		„Quaterna® Terra“	„Quaterna® Terra“	„Quaterna® Activa“
Probenahme	Datum	17.08.2009	10. 03.2010	10.03.2010
TS	[%]	91,9	89,0	98,8
pH		6,72	6,46	7,92
N _{gesamt}	[% in der TM]	2,90	3,06	0,04
P ₂ O ₅ _{gesamt}	[% in der TM]	2,59	0,39	< 0,01
K ₂ O _{gesamt}	[% in der TM]	1,98	1,86	0,09
Cu	[mg/kg TM]	28,0	22,0	1,11
Zn	[mg/kg TM]	38,9	35,3	7,95

3.2.3 Demonstrationen mit Kompost und Bodenverbesserungsmitteln

Die Demonstration von Bodenverbesserungsmitteln und Kompost auf dem Feld fanden auf den LVG-Schlägen 121.1, 121.34, 121.4, 122.5, 123.1 und 138 statt. Zuerst werden Resultate aus zwei Demonstrationen mit Komposten vorgestellt. Dem folgen Ergebnisse aus einer mehrjährigen und zwei einjährigen Demonstrationen mit Bodenverbesserungsmitteln.

3.2.3.1 Mehrjährige Demonstration mit Kompost auf Schlag 121.4

Die Demonstrationsvarianten auf dem Schlag 121.4 lagen in dessen Südteil, wie in der Abbildung 30 ausgewiesen. Im Südteil dominieren sandigere Böden. Die Lage der Demonstration begründet sich auch mit den Messwerten des „EM38“ und dem Ergebnis der 2009 durchgeführten Bodenuntersuchung hinsichtlich des niedrigen Humusgehaltes der oberen Bodenschicht.

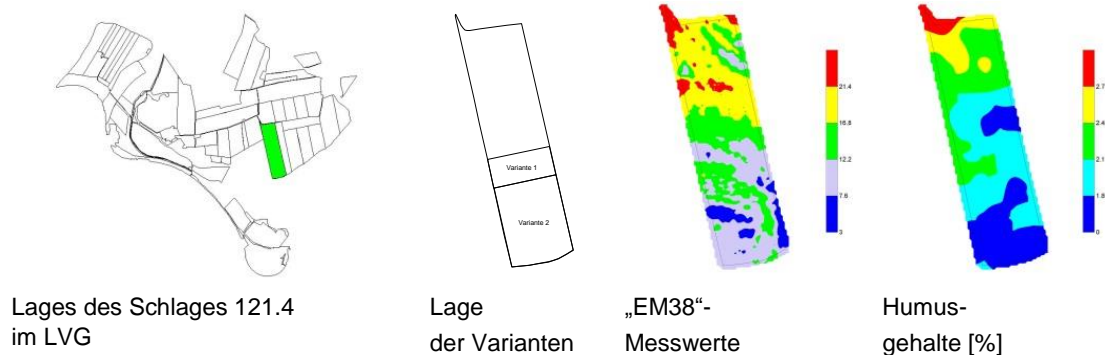


Abbildung 30: Demonstration von Kompost auf Schlag 121.4

Auf dem Schlag 121.4 kam bei Variante 2 mit einer Länge von 370 m der im LVG hergestellte Kompost zum Einsatz. Organisch gedüngt wurde 2009 nach Silomais, später in den Jahren 2011 und 2013. Beim Streuen von Dung wurde, in Nord-Süd-Richtung gedacht, von rechts nach links gearbeitet. Die nicht mit organischen Feststoffen gedüngte Vergleichsvariante 1 war 170 m lang.

Zu den pflanzenbaulichen Auswirkungen der 2009 durchgeführten organischen Düngung auf den Zuckerrübenenertrag – die Frührodung der Zuckerrüben erfolgte am 22. und 23. September 2010 – waren keine Aussagen möglich, weil die Erntemaschine kein koordinatenbasiertes Ertragserfassungssystem hatte. Die am 20. April 2011 mit dem „YARA N-Sensor ALS“ gemessenen Biomasseindexwerte der Wintergerste waren ganzflächig relativ ausgeglichen (siehe Abbildung 31, links). Wegen der anhaltenden Frühsommertrockenheit bis Ende Juni 2011 zeigten alle Schläge im LVG mit Wintergerste trockenheits- und bodenbedingte Frühreifen. Letztendlich waren Trockenschäden auch bei der Variante 2 zu finden, wie es aus der Kartierung der Kornträge von Wintergerste in der Abbildung 31 (rechte Seite) hervorgeht. Die Niederschläge kamen 2011 zum Getreidedrusch (siehe Anlage 3, Witterungsverlauf 2011).

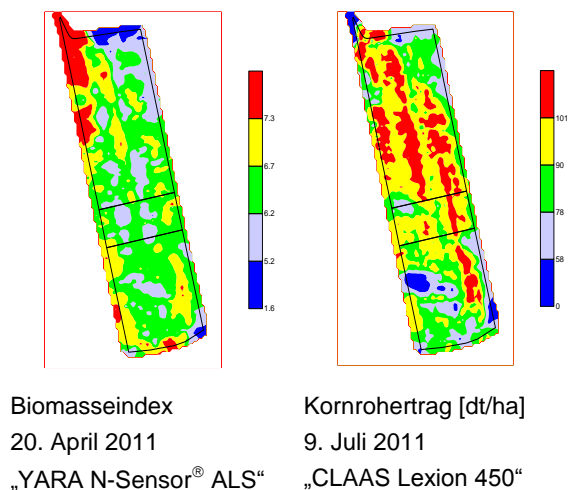


Abbildung 31: Biomasseindexwerte und Kornrohertrag von Wintergerste nach Kompostdüngung auf Schlag 121.4, 2011

Im Herbst 2011 bekam die Variante 2 die nächste Kompostgabe. Die Kompostmenge reichte nur für den rechten Teil der Variante 2 aus, weil ein Teil der verfügbaren Kompostmenge auf einem weiteren Schlag gebraucht wurde. Im folgenden Jahr 2012 wurde Mais angebaut, der am 6. September 2012 mit dem Feldhäcksler „John Deere 7350“ geerntet wurde. Dieser Feldhäcksler verfügte über ein automatisches koordinatenbasiertes Ertragserfassungssystem. Die abgefahrene Maisfrischmasse wurde zur Kontrolle der Ertragsmessung des Häckslers gegengewogen. Im Mittel wurden 434,3 dt/ha Silomaisfrischmasse geerntet. Die Variante 2, siehe Tabelle 13 und Abbildung 32, erreichte 430 dt/ha Frischmasse und lag so auf dem Ertragsniveau des nördlichen Teilschlags.

Tabelle 13: Silomaisertrag auf Schlag 121.4, 2012

Variante		mittlerer Silomaisertrag [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	ohne Kompostdüngung	416	87
2	mit Kompostdüngung	430	66
Restschlag	ohne Kompostdüngung	440	65

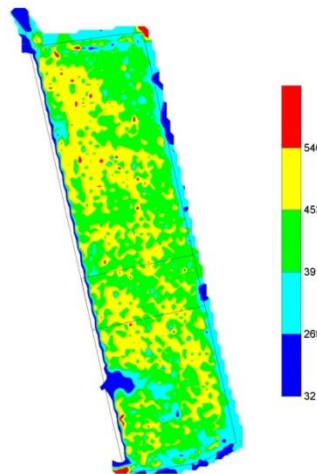


Abbildung 32: Silomaisertrag auf Schlag 121.4, 2012

Der dem Mais folgende Winterweizen wurde im Zeitraum 7. bis 9. Oktober 2012 gedrillt. Am 14. November 2012 wurden von den Varianten 1 und 2 Bodenproben (Bodenschicht 0–20 cm) genommen. Ziel der Bodenprobenahme war die Bestimmung der mikrobiellen Biomasse des Bodens nach ISO 14240-1. Die Abbildung 33 zeigt eine leicht erhöhte mikrobielle Biomasse des Bodens bei der Kompostvariante.

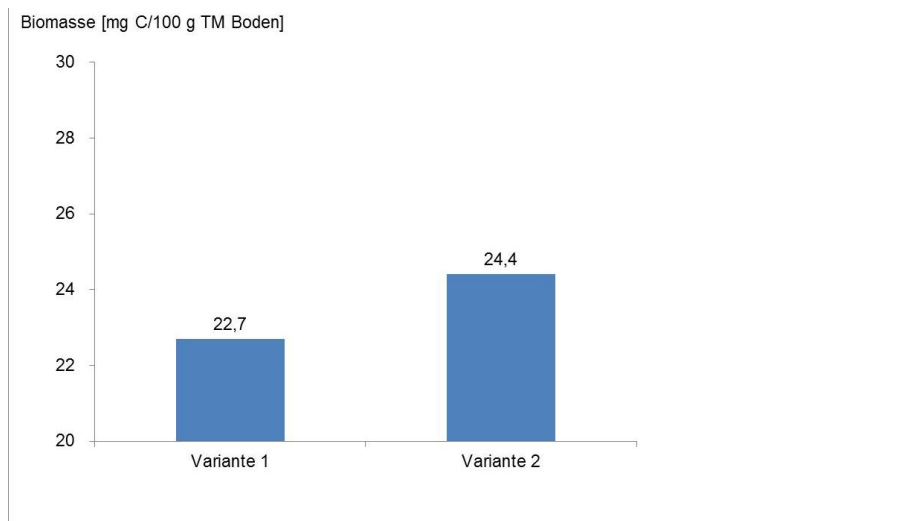


Abbildung 33: Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.4, 14. November 2012 (Erläuterung der Prüfglieder in Tabelle 13)

N_{\min} -Bodenproben wurden am 5. März 2013 gezogen. Die N_{\min} -Werte dieser Bodenprobenahme schwankten von 24 bis 31 kg N_{\min} pro Hektar und erlaubten keine Interpretation variantenbedingter Unterschiede. Zum Zeitpunkt der zweiten Stickstoffgabe zu Winterweizen am 5. Mai 2013 zeigte der Südteil des Schlages 121.4 auffallend geringe Flächenanteile mit niedrigen Biomasseindexwerten (siehe Abbildung 34, links). Zum Zeitpunkt der dritten Stickstoffgabe kristallisierten sich beim Biomasseindex, gemessen mit dem „YARA N-Sensor ALS“, die von der Bodenleitfähigkeitsmessung bekannten Schlagstrukturen heraus (siehe Abbildung 34, Mitte). Der Winterweizen wurde am 3. August 2013 gedroschen. Die Variante 2 (mit Kompostdüngung) hatte sich auf der linken Seite deutlich an das Ertragsniveau des nördlichen Schlagteils angeglichen.

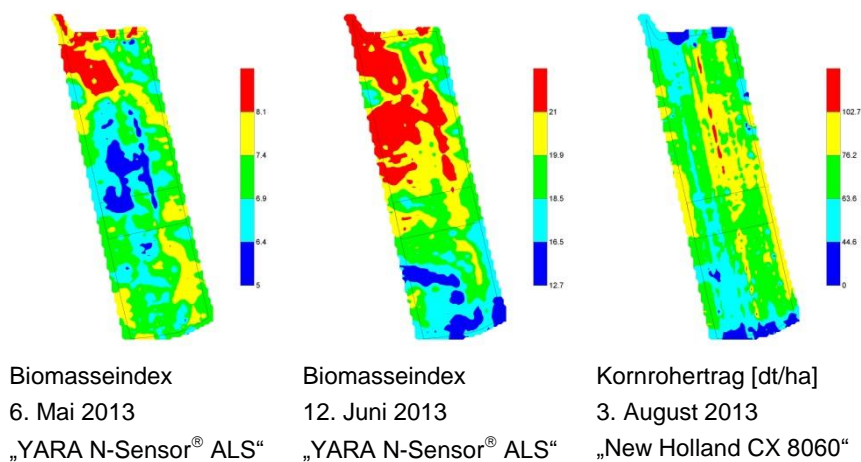


Abbildung 34: Biomasseindexwerte und Kornrohertrag von Winterweizen auf Schlag 121.4, 2013

Wegen des baubedingten Abbruchs der Kompostierung und des bevorstehenden Projektendes wurde im August 2013 kein kompostierter organischer Feststoff im Südteil des Schlages vor der Winterrapssaat ausgebracht.

Zusammenfassend kann für die Demonstration der Kompostanwendung auf dem Schlag 121.4 festgestellt werden, dass mit den Kompostgaben messbare Effekte am wachsenden Pflanzenbestand und bei der Ernte-

masse erreicht wurden. Zeitlich begrenzt war die Vorsommertrockenperiode mit einer vorausgegangenen Kompostgabe überbrückbar, wie es mit den Biomasseindexmessungen und Wintergerstenerträgen von 2011 gezeigt werden konnte.

3.2.3.2 Einjährige Demonstration mit Kompost zu Mais auf Schlag 123.1

Aus der Vogelperspektive gesehen durchzieht den Schlag 123.1 ein abgerundetes, lehmig-toniges Band. Im mittigen Südteil des Schlages und besonders im Osten steht sandiger Lehm an. Die „EM38“-Werte der Abbildung 35 (rechts) spiegeln diese Schlagbesonderheiten sehr gut. Die Biomasse- und Ertragskartierungen folgen dem Muster der „EM38“-Messwertkarte. Wie oben beschrieben, wurde im Jahr 2013 die Kompostierung vorzeitig abgebrochen. Der Kompost wurde teilschlagbezogen, siehe Abbildung 35 Mitte, am 6. August 2013 ausgebracht und anschließend flach eingearbeitet.

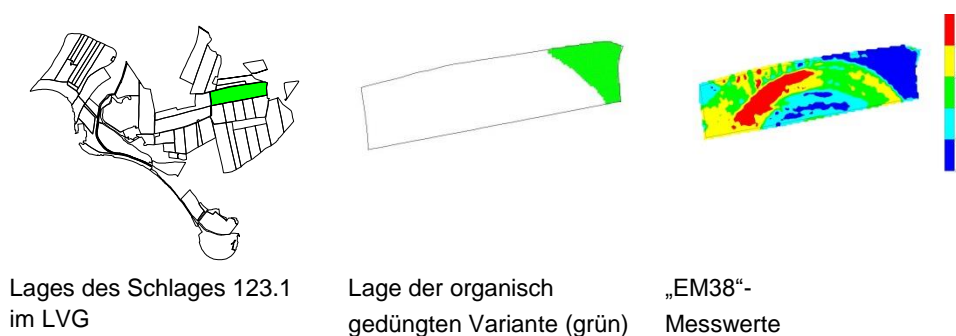


Abbildung 35: Demonstration von Kompost auf Schlag 123.1

Im Frühjahr 2014 wurde auf dem Schlag Mais angebaut. Der Mais wurde Anfang September 2014 mit dem Feldhäcksler „John Deere 7350“ geerntet. Die Abbildung 36 zeigt die unmittelbare ertragssteigernde Wirkung der Kompostgabe im Ostteil des Schlages, während der mittig gelegene Südteil des Schlages ertragsseitig zurückblieb. Der niedrige Ertrag im mehr nordwestlichen Schlagmittebereich, in der Abbildung 36 blau gefärbt, war eine Ausgrenzung zum Vogelschutz.

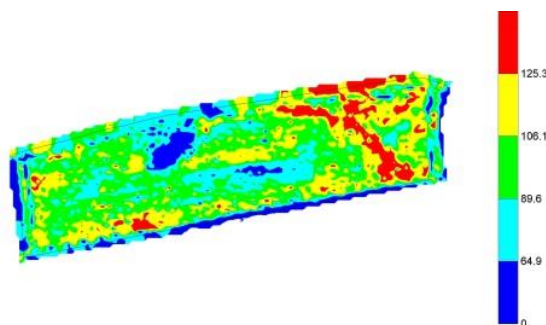


Abbildung 36: Silomaisrelativertrag auf Schlag 123.1, 2014 nach der Kompostanwendung

3.2.3.3 Mehrjährige Demonstration mit „Quaterna® Terra“ zu Winterweizen auf Schlag 121.34

Auf dem Schlag 121.34 wird seit mehr als zehn Jahren Winterweizen in Monokultur angebaut. Der Nordteil des Schlages 121.34 hat einen sandigen bis kiesigen Untergrund und fällt, besonders bei Vorsommertrockenheit, ertragsseitig zum Restschlag erheblich ab. Zu BBCH 30 des Winterweizens wurden ab dem Jahr 2010 200 kg pelletiertes „Quaterna® Terra“ pro Hektar im Nordteil teilstückbezogen gegeben, zur Variante 2 (siehe Abbildung 37, Mitte). Dabei wurde auf einen Abstand von sieben bis zehn Tagen zur Applikation von Pflanzenschutzmitteln geachtet. Dieses Teilstück war 81 m breit (3 x 27 m Arbeitsbreite) und 250 m lang. Die links

davon liegende unbehandelte Vergleichsvariante (Variante 1) war 54 m breit und hatte die gleiche Länge. Die Stickstoffdüngung wurde auf diesen zwei Teilstücken reduziert, beim restlichen Schlag nicht.

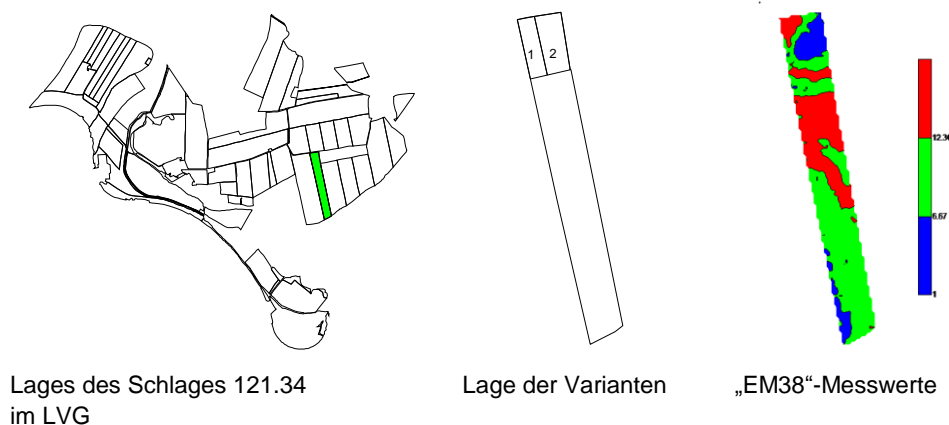


Abbildung 37: Demonstration von „Quaterna® Terra“ in Variante 2 ab 2010 auf Schlag 121.34 mit Winterweizenmonokultur

Der mittlere Gehalt des Bodens an mineralisiertem Stickstoff (N_{\min}) der Bodenschicht 0–60 cm betrug am 12. März 2010 32,5 kg pro Hektar. Die N_{\min} -Gehalte der Bodenschicht 0–60 cm der Varianten 1 und 2 unterschieden sich nicht wesentlich davon. Die Winterweizenmonokultur erhielt am 25. März 2010 60 kg N/ha als erste Stickstoffgabe. Bei den Varianten 1 und 2 wurden 40 kg N/ha gestreut. Die zu diesem Zeitpunkt mit dem „YARA N-Sensor® ALS“ gemessenen Biomasseindexwerte differenzierten sich bereits nach den aus der „EM38“-Messung bekannten Bodenunterschieden. Am 14. April 2010 wurden 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar bei der Variante 2 ausgebracht. Der Winterweizenbestand zeigte zu diesem Zeitpunkt die Entwicklungsstadien BBCH 28–30. „Quaterna® Terra“ wurde mit dem 2-Scheiben-Tellerstreuer „AMAZONE 1500“ bei 8 km/h Fahrgeschwindigkeit gestreut. Unmittelbar nach der Ausbringung setzte Regen ein. Diese Applikation wurde aus technologischer Sicht als nicht durchgängig optimal eingeschätzt, weil die horizontal rotierende Förderwelle am Boden des Düngerstreuerbunkers mit abnehmender Schüttgutmenge Hohlräume über der Förderwelle im Schüttgut bildete. Der auf einer anderen Fläche verwendete Streuer „Bogballe EXW“ hatte dieses Problem nicht, weil hier ein anderes technisches Prinzip zur Schüttgutzuführung zu den Streuscheiben verwendet wird (siehe folgende Abbildung).

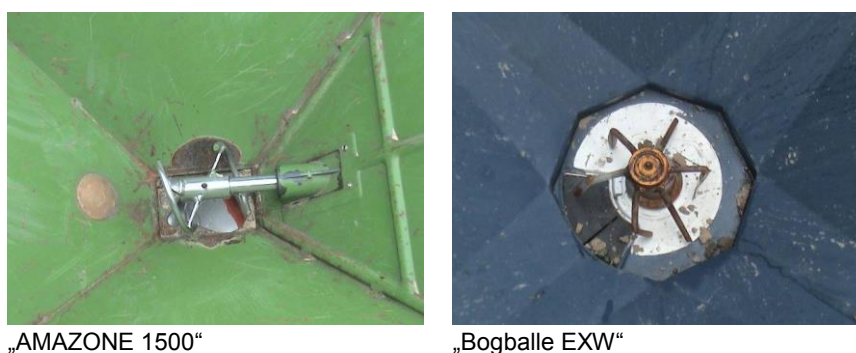
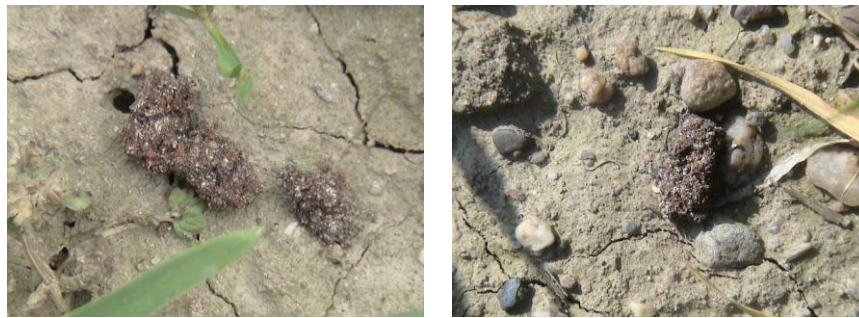


Abbildung 38: Schüttgutbeförderungslösungen der Streuer „AMAZONE 1500“ und „Bogballe EXW“

Die zweite Stickstoffgabe erfolgte am 27. April 2010. Die empfohlene Stickstoffmenge von 90 kg N/ha wurde wegen der kühlen Witterung in den ersten drei Aprilwochen auf 70 kg N/ha zur Düngung gesenkt. Bei den Varianten 1 und 2 wurde die Stickstoffmenge um 30 kg N/ha reduziert. Auf trockenem Boden waren Ende

April 2010 vereinzelt Pellets von „Quaterna® Terra“ zu finden. An der Unterseite der Pellets waren deutlich Pilze zu erkennen. Die Pellets hatten keine feste Konsistenz mehr und zerfielen, wie die Abbildung 39 zeigt.

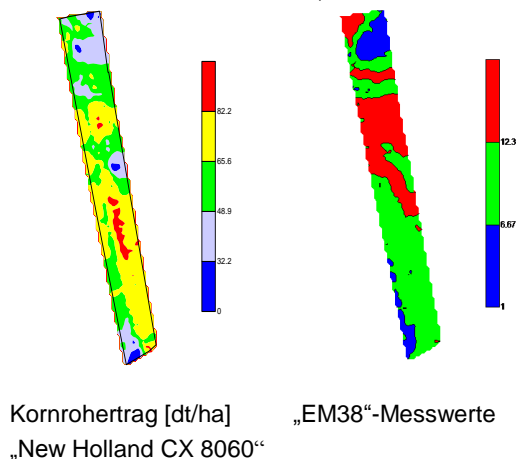


„Quaterna® Terra“ am 22. April 2010

„Quaterna® Terra“ am 28. April 2010

Abbildung 39: „Quaterna® Terra“ nach der Applikation im April 2010

Die dritte Stickstoffgabe wurde am 7. Juni 2010 verabreicht. Bei den Varianten 1 und 2 wurden 20 kg N/ha gegeben. Bei der restlichen Fläche erfolgte eine variable N-Düngung zwischen 30 und 70 kg N/ha. Die Ernte des Weizens fand am 30. Juli 2010 statt. Der mittlere Kornrohertrag betrug 63 dt/ha, bei 14,5% Rohprotein. Die Kartierung der mit dem Mähdrescher „New Holland CX 8060“ gemessenen Kornroherträge zeigte im Nordteil des Schlags keine messbare Ertragswirkung des „Quaterna® Terra“, folgte aber den Mustern der „EM38“-Messwertkarte (siehe Abbildung 40).



Kornrohertrag [dt/ha] „EM38“-Messwerte
„New Holland CX 8060“

Abbildung 40: Winterweizenkornrohertrag auf Schlag 121.34, 30. Juli 2010

Im Jahr 2011 wurde „Quaterna® Terra“ am 26. April 2011 gestreut. Unmittelbar danach begann es leicht zu regnen. Am folgenden Tag war „Quaterna® Terra“ aufgeweicht und kaum auf der Bodenoberfläche im Weizenbestand auszumachen. Die zweite Stickstoffgabe wurde am 27. April 2011 verabreicht. Die vorbereitend gemessenen N-Tester-Werte der Varianten 1 und 2 unterschieden sich unwesentlich. Die Varianten 1 und 2 wurden mit einer reduzierten Stickstoffgabe (40 kg N pro Hektar) gedüngt. Der Weizenbestand zeigte Mitte Mai 2011 variantenunabhängig trockenheitsbedingte Blattschäden. Die mit dem „YARA N-Sensor® ALS“ gemessenen Biomasseindexwerte sind in der Abbildung 41 dargestellt. Bereits Ende April 2011 hatte die Variante mit 200 kg „Quaterna® Terra“ die geringsten Biomasseindexwerte. Dieser Trend verstärkte sich bis zum Termin der dritten Stickstoffgabe zum Winterweizen, denn die Trockenheit nahm stetig zu. Der Weizen wurde am 19. Juli 2011 gedroschen. Die Variante mit „Quaterna® Terra“ zeigte mit 39,5 dt/ha Korn den geringsten Rohrertrag. 53,8 dt/ha Kornrohware wurden im Schlagmittel geerntet.

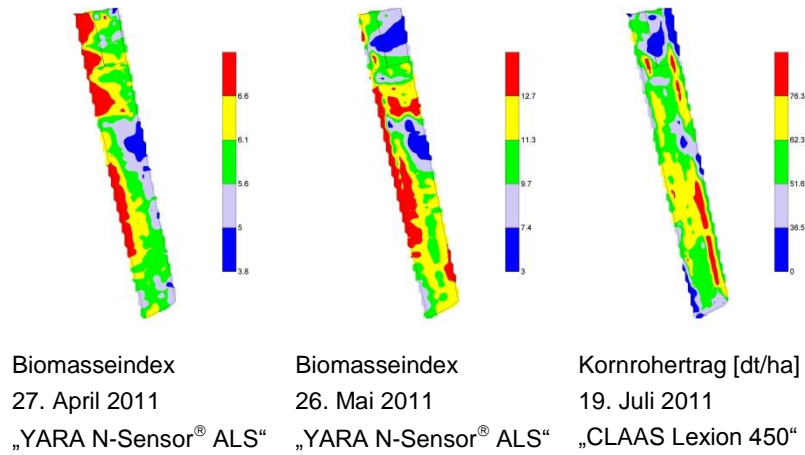


Abbildung 41: Biomasseindexwerte und Kornrohertrag von Winterweizen auf Schlag 121.34, 2011

Die Winterweizensaat für das zweite Testjahr erfolgte Anfang November 2011. Die Winterperiode von 2011 zu 2012 überstand dieser Weizen mit Auswinterungsschäden. Der Regenmangel in den Monaten Februar bis Mai 2012 führte zur einer weiteren Ausdünnung der Pflanzenbestände (siehe Abbildung 42). Das „Quaterna® Terra“ wurde am 25. April 2012 gestreut. Spätestens Mitte Mai 2012 zeichnete sich ab, dass die Kornertragsmessungen zur Ernte sehr wahrscheinlich nicht verwertbar sein werden.



Abbildung 42: Ausgedünnter Winterweizenbestand auf Schlag 121.34, 15. Mai 2012

Der Weizendrusch erfolgte am 1. August 2012. Der Durchschnittsertrag des Korns lag mit 33 dt/ha auf dem erwartet niedrigen Niveau. Die Demonstration mit „Quaterna® Terra“ war im Erntejahr 2012 nicht verwertbar, weil witterungsbedingte Effekte mögliche Produktwirkungen extrem überzeichneten.

Auf dem Schlag 121.34 wurde für das dritte Testjahr der Winterweizen am 2. Oktober 2012 gedrillt. Am 14. November 2012 wurden von den Varianten 1 und 2 Bodenproben (Bodenschicht 0–20 cm) genommen, um die mikrobielle Biomasse nach ISO 14240-1 im Labor zu bestimmen. Die Abbildung 43 zeigt das Ergebnis. Die Variante 2, mit „Quaterna® Terra“, hatte etwas mehr mikrobielle Biomasse im Boden, im Vergleich zur Variante 1, ohne „Quaterna® Terra“.

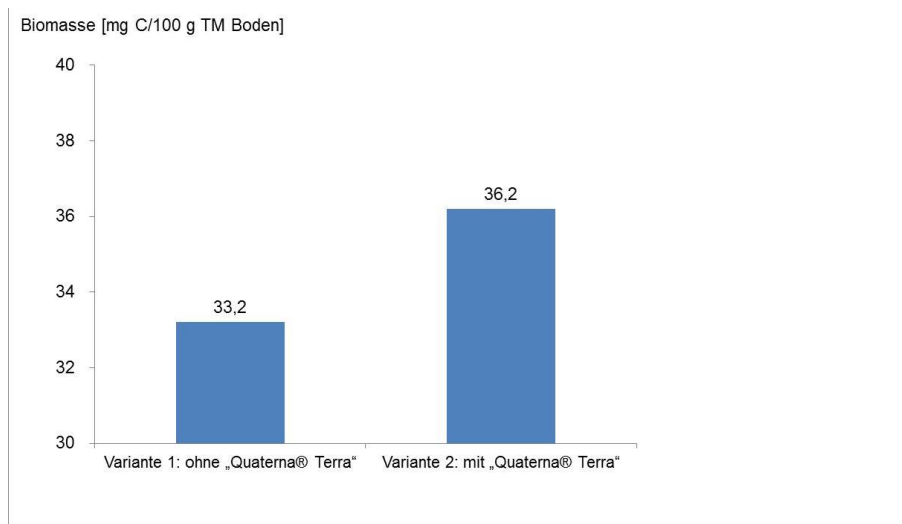


Abbildung 43: Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.34, 14. November 2012

Am 5. März 2013 wurden variantenbezogene N_{\min} -Bodenproben genommen. Der Nordteil des Schlags 121.34 hatte die geringeren N_{\min} -Gehalte im Boden. Zwischen den Varianten 1 und 2 bestanden beim N_{\min} -Gehalt keine Unterschiede. Der Schlag wurde Anfang April 2013 mit 75 kg N/ha konstant gedüngt. Bei den Varianten 1 und 2 wurden 50 kg N/ha verabreicht. Die folgenden Stickstoffgaben erfolgten ganzflächig am 3. Mai und am 13. Juni 2013.

Am 3. Mai 2013 war kein variantenbezogener Einfluss auf die mittleren Biomasseindexwerte feststellbar. Zur zweiten Biomassemessung mit dem „YARA N-Sensor ALS“, am 13. Juni 2013 zeichnete sich die Variante 2 durch deutlich geringere Biomasseindexwerte aus. Die Verteilung der Biomasseindexwerte zum Zeitpunkt der zweiten und dritten Stickstoffgabe zu Winterweizen ist der Abbildung 44 zu entnehmen,

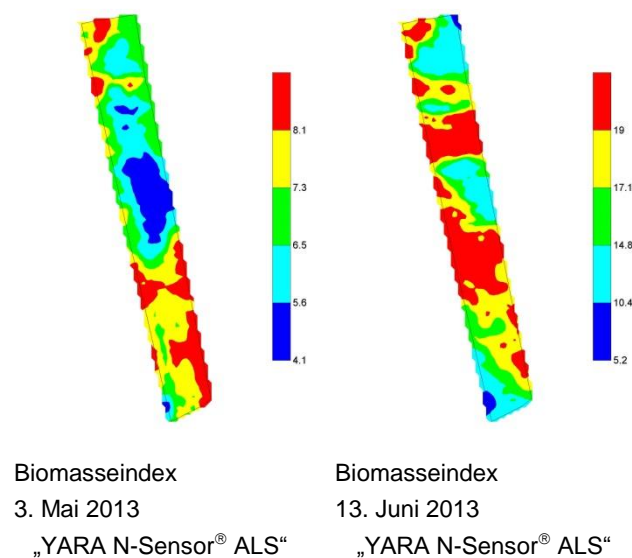


Abbildung 44: Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 121.34, 2013

Im Jahr 2013 wurde der Winterweizen am 2. August 2013 gedroschen. Das mittlere Kornertragsniveau lag bei 56,7 dt/ha, bei einer Streuung von 11,3 dt/ha. Die Tabelle 14 verdeutlicht, dass die Variante 2 nicht an das mittlere Kornertragsniveau herankam. Die Variante 1 profitierte ertragsseitig etwas von einem südlich gelegenen besseren Bodenanteil.

Tabelle 14: Winterweizenkornroherträge auf Schlag 121.34, 2013

Variante		mittlerer Kornertrag [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	ohne „Quaterna® Terra“	59,9	11,4
2	mit „Quaterna® Terra“	49,5	9,3
Restschlag		56,9	11,2

Am 18. März 2014 wurden letztmalig 200 kg „Quaterna® Terra“ zur Variante 2 gestreut. Die Varianten 1 und 2 erhielten wieder eine reduzierte N-Düngermenge. Die mit dem „YARA N-Sensor ALS“ ermittelten Biomasseindexwerte folgten dem Muster der „EM38“-Messwertkarte (siehe Abbildung 45).

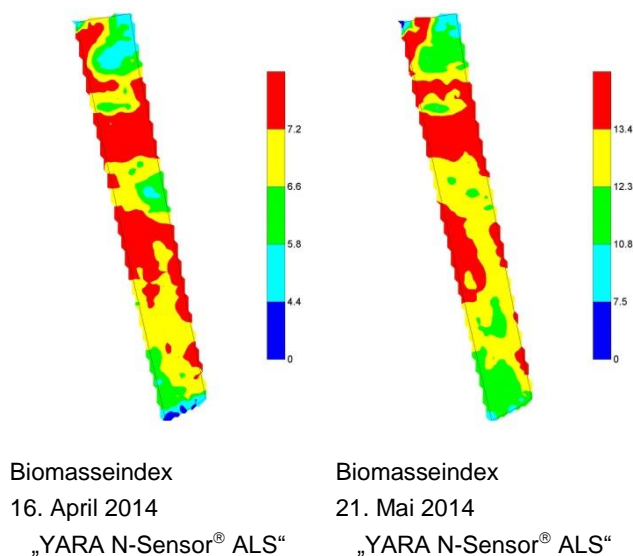


Abbildung 45: Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 121.34, 2014

Der relativ frühe Drusch am 18. Juli 2014 erbrachte das in der Tabelle 15 vorgestellte Ergebnis. Die Variante 2 mit „Quaterna® Terra“ hatte den geringsten Kornrohertrag.

Tabelle 15: Winterweizenkornroherträge auf Schlag 121.34, 2014

Variante		mittlerer Kornertrag [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	ohne „Quaterna® Terra“	59,9	17,2
2	mit „Quaterna® Terra“	51,1	17,5
Restschlag		65,1	13,5

Zusammenfassend ließ sich für den Schlag 121.34 im Untersuchungszeitraum feststellen, dass die „Quaterna® Terra“-Applikationen keine Auswirkungen auf den Winterweizenertrag im Monokulturanbau hatten.

3.2.3.4 Einjährige Demonstration mit „Mykonor Bio-Schutz“ zu Winterraps auf Schlag 121.1

Der Schlag 121.1 hat, für Bodenbedingungen im LVG Köllitsch, einen ausgeglichenen Oberboden. Hier wurde im Jahr 2012 unmittelbar vor der Saat von Winterraps am Vormittag des 15. August 2012 das Produkt „Mykonor Bio-Schutz“ (mit *Bacillus subtilis*) eingesetzt. Die Lösung wurde, gedacht in Nord-Süd-Richtung, auf der linken Schlagseite (2 x 27 m Arbeitsbreite), auf 3,75 Hektar appliziert und wie folgt dosiert: 0,25 kg „Mykonor Bio-Schutz“ und 600 l Wasser pro Hektar. Am Nachmittag des 15. August 2012 folgte unmittelbar die Winterrapssaat. Mit der Saat wurde das Produkt zusätzlich in die obere Bodenschicht eingearbeitet. Ein möglicher schädigender Einfluss der Sonnenstrahlung auf *Bacillus subtilis* war ausgeschlossen. Mitte November wurden von der nicht mit *Bacillus subtilis* behandelten Fläche und der mit *Bacillus subtilis* behandelten Fläche Bodenproben (Bodenschicht 0–20 cm) genommen, um die mikrobielle Biomasse des Bodens nach ISO 14240-1 zu bestimmen. Aus der Abbildung 46 ist eine leicht erhöhte mikrobielle Biomasse des Bodens der Variante mit *Bacillus subtilis* erkennbar.

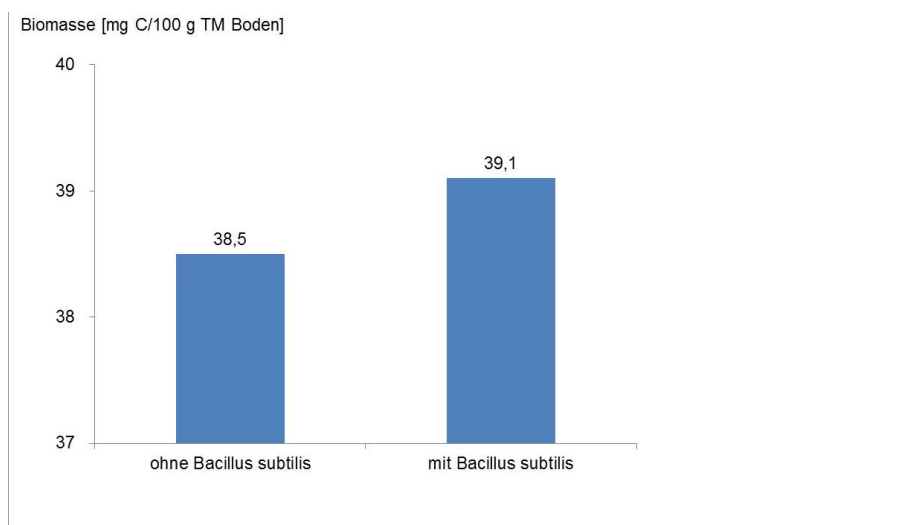


Abbildung 46: Mikrobielle Biomasse des Bodens nach der *Bacillus subtilis*-Applikation, Schlag 121.1, 14. November 2012, Winterraps

Die Ergebnisse der N_{\min} -Bodenprobenahme vom 5. März 2013 sind in der Tabelle 16 dokumentiert. Im Frühjahr 2013 hatte der mit *Bacillus subtilis* behandelte Schlagteil die höheren N_{\min} -Werte.

Tabelle 16: N_{min}-Werte der Bodenprobenahme vom 5. März 2013 auf Schlag 121.1, Winterraps

Merkmal	Bodenschicht [cm]	Fläche mit <i>Bacillus subtilis</i>	Restfläche
NH ₄ [kg/ha]	0 – 30	0,0	0,0
	30 – 60	0,2	0,0
NO ₃ [kg/ha]	0 – 60	0,2	0,0
	0 – 30	21,1	14,7
	30 – 60	9,1	5,5
N _{min} [kg/ha]	0 – 60	30,2	20,2
	0 – 30	21,1	14,7
	30 – 60	9,3	5,5
	0 – 60	30,4	20,2

Der Schlag wurde am 27. März 2013 mit 80 kg N/ha konstant gedüngt. Zum Zeitpunkt der zweiten Stickstoffgabe am 24. April 2013 wurde mit dem „YARA N-Sensor ALS“ aber auf der rechten Schlagseite ein höherer Biomasseindexwert ausgewiesen (siehe Abbildung 47, linke Seite).

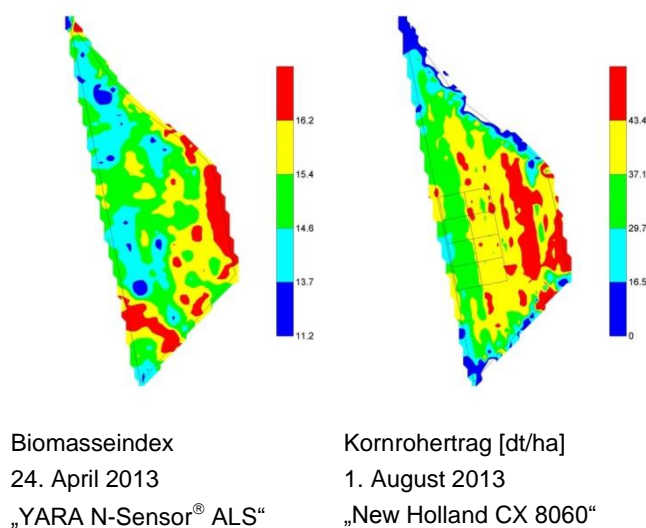


Abbildung 47: Biomasseindexwerte und Rohertrag von Winterraps nach der *Bacillus subtilis*-Applikation auf Schlag 121.1, 2013

Die Kartierung des mit dem Mähdrescher „New Holland CX 8060“ am 1. August 2013 gemessenen Rohertrages von Winterraps bestätigte die im April 2013 mit dem „YARA N-Sensor ALS“ gemessenen Biomasseindexwerte. Die Fläche mit *Bacillus subtilis*-Applikation hob sich ertragsseitig mit 34,2 dt/ha negativ von der restlichen Fläche ab, wo 42 dt/ha Winterraps geerntet wurden.

3.2.3.5 Einjährige Demonstration mit „Mykonor Bio-NPK“ zu Winterweizen auf Schlag 138

Charakteristisch für den Schlag 138 sind den Unterboden durchziehende Sand- und Kiesschichten, die stellenweise den Oberboden durchbrechen. Diese Besonderheit kommt auch durch die „EM38“-Messwerte für diesen Schlag zum Ausdruck (hellblaue Flächen in der Abbildung 48, rechts).



Abbildung 48: Demonstration mit „Mykonor Bio-NPK“ auf Schlag 138

Der dem Mais nachfolgende Winterweizen wurde am 4. November 2010 mit 325 Körnern/m² gesät. Die Applikation des Produktes „Mykonor Bio-NPK“ erfolgte im Frühjahr 2011. In der Abbildung 48 ist dies die grün gefärbte Fläche der mittig gelegenen Schlagdarstellung. Die Aufwandmenge betrug 1 l „Mykonor Bio-NPK“ pro Hektar, gelöst in 400 l Wasser pro Hektar. Der am 26. April und 26. Mai 2011 mit dem „YARA N-Sensor® ALS“ gemessene Winterweizenbestand zeigte keine „Mykonor Bio-NPK“-bedingten Unterschiede an. Selbiges war für den Kornrohertrag beim Drusch festzustellen. Variantenunabhängig wurden 56,7dt Korn geerntet. Die Abbildung 49 zeigt die Kartierungen der genannten Prüfmerkmale.

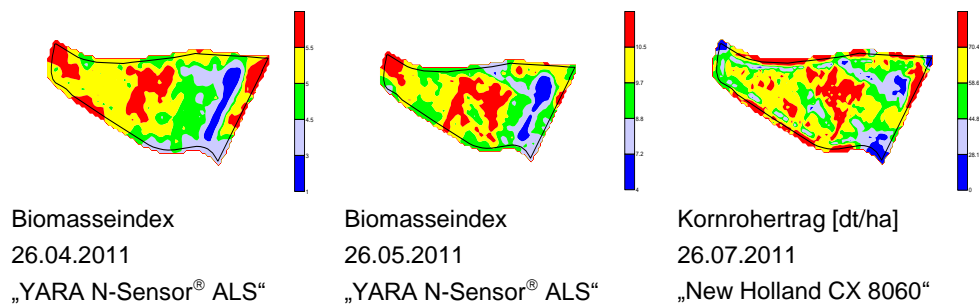


Abbildung 49: Biomasseindexwerte und Rohertrag von Winterweizen auf Schlag 138, 2011, nach der Teilschlagapplikation von „Mykonor Bio-NPK“

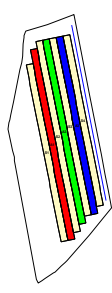
3.2.4 Versuche mit Kompost und Bodenverbesserungsmitteln

Die Versuche mit Kompost und Bodenverbesserungsmitteln wurden in Langparzellenanlagen realisiert. Auf Grund der jahres- und fruchtartenbezogenen, versuchsbegleitenden Bedingungen und Besonderheiten liegt keine über die Jahre durchgehende Versuchsserie vor. Deshalb werden folgend die Einzelversuche (und, wenn möglich, deren Entwicklung über die Jahre) schlagbezogen vorgestellt und diskutiert.

3.2.4.1 Mehrjähriger Versuch mit Kompost und „Quaterna® Terra“ auf Schlag 121.21

Die Prüfgliedparzellen nach Tabelle 17 wurden im Spätherbst 2010 erstmalig auf Schlag 121.21 angelegt. Eine Langparzelle war 27 m breit. Zu Versuchsbeginn wurde der Kompost aus der Feldrandmiete verwendet.

Tabelle 17: Varianten zum Test von Kompost und „Quaterna® Terra“ auf Schlag 121.21

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1			Yellow	
2		1	Kompost	Red	
3	2			Yellow	
4		2	„Quaterna® Terra“	Green	
5	3			Yellow	
6		3	Kompost und „Quaterna® Terra“	Blue	
7	4			Yellow	

Die Abbildung 50 zeigt die erste Kompostapplikation nach Tabelle 17 am 25. November 2010. Die Ausbringung erfolgte leitspurorientiert im Parallelfahrssystem. Nach zwei Tagen wurde die organische Düngung abgeschlossen. Ausgebracht wurden ca. 600 dt Kompost pro Hektar. Ab dem 27. November 2010 wurde die Herbstfurche gezogen.



Kompostausbringung

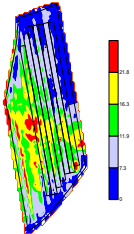


Ergebnis der organischen Düngung

Abbildung 50: Kompostausbringung auf Schlag 121.21, 25. November 2010

Im Zeitraum vom 28. bis 29. März 2011 wurden Futtererbsen der Sorte „Respect“ gesät. Die Applikation von 400 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar gemäß Tabelle 17, Prüfglied 2 und 3, erfolgte am 20. April 2011. Der Boden war abgetrocknet. Am Tag der Ausbringung war es warm, sonnig und windstill. Bis zum 15. Juni 2011 zeichneten Trockenschäden die Futtererbsen, unabhängig von den Varianten der Tabelle 17. Am 27. Juli 2011 wurden die Futtererbsen geerntet. In der Tabelle 18 sind die Roherträge des Kerndruschs mit dem Mähdrüscher „New Holland CX 8060“ dargestellt. Die Futtererbsenertragshöhe wurde durch die bis Juni 2011 herrschende Trockenheit bestimmt. Auch auf einem geringen Ertragsniveau bestimmten Bodenunterschiede die Ertragsdifferenzen. Die prüfgliedbezogenen Applikationen von Kompost oder „Quaterna® Terra“ hatten unter den witterungsbedingten Stressbedingungen bei den Futtererbsen keinen Ertragseinfluss.

Tabelle 18: Futtererbsenroherträge auf Schlag 121.21, 27. Juli 2011, nach der „Quaterna® Terra“-Applikation

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohertrag Korn [dt/ha]	Übersicht
1	1			15,6	
2		1	Kompost	12,6	
3	2			11,9	
4		2	„Quaterna® Terra“	11,5	
5	3			9,3	
6		3	Kompost und „Quaterna® Terra“	12,6	
7	4			9,6	

Am 19. August 2011 wurde der den Futtererbsen folgende Winterraps gedreht. Die Applikation von 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar erfolgte am 21. September 2011 zu den Prüfgliedern 2 und 3 der Tabelle 17. Die zweite Stickstoffgabe (40 kg N/ha) zu Winterraps wurde am 18. April 2012 gegeben. Die linke Karte in Abbildung 51 zeigt die mit dem „YARA N-Sensor® ALS“ am 18. April 2012 gemessenen Biomasseindexwerte. Am 11. Juli 2012, unmittelbar vor der Rapsernte, traf ein Hagelschlag den Winterrapsbestand. Der verbliebene Pflanzenbestand wurde am 12. Juli 2012 gedroschen. Wie die Abbildung 51 rechts zeigt, waren auch bei niedrigem Ertragsniveau die aus dem Erntejahr 2011 bekannten Zonierungen des Schlages 121.21 ersichtlich. Eine Auswertung der Ertragsmessung nach Varianten (laut Tabelle 17) war 2012 fachlich nicht mehr sinnvoll.

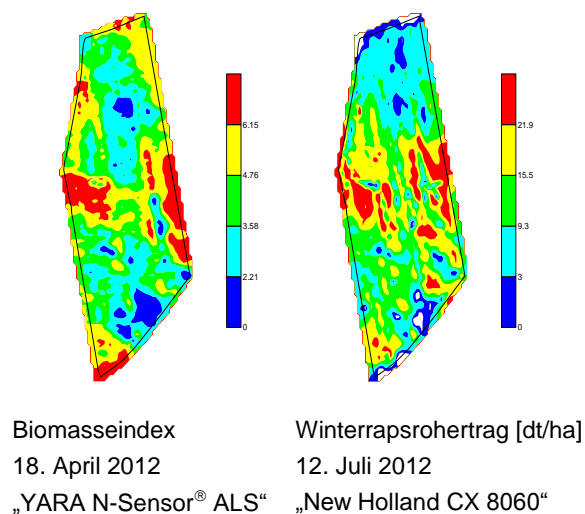


Abbildung 51: Biomasseindexwerte und Rohertrag von Winterraps auf Schlag 121.21, 2012, nach der „Quaterna® Terra“-Applikation

Nach der Fruchtfolge für den Schlag 121.21 folgt dem Winterraps der Winterweizen. Vor dessen Saat wurden 160 dt Kompost und 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar ausgebracht, entsprechend der Tabelle 17. Die Saat von Winterweizen der Sorte „Brilliant“ erfolgte am 10. Oktober 2012. Am 14. November 2012 wurden von den Prüfgliedern 1, 2 und 3 (siehe Tabelle 17) Bodenproben (Bodenschicht 0-20 cm) entnommen. Ziel der Bodenprobenahme war die Bestimmung der mikrobiellen Biomasse nach ISO 14240-1. Von den Bodenproben der Standard-Langparzellen 1 bis 4 wurde eine Mischprobe hergestellt. Wegen der markanten Flächenunterschiede wurden im Nord-, Mittel- und Südteil des Schlages getrennt Bodenproben gezogen. Den Erwartungen entsprechend folgten die Werte für die mikrobielle Biomasse des Bodens im Südteil des Schlages 121,21

(siehe Abbildung 52). Im Südteil des Schlags hat der Boden einen höheren Sandanteil. Hier zeigte die Kombination von Kompost mit „Quaterna® Terra“ die höchsten Werte der mikrobiellen Biomasse des Bodens, im Vergleich zu den Prüfgliedern 1 und 2.

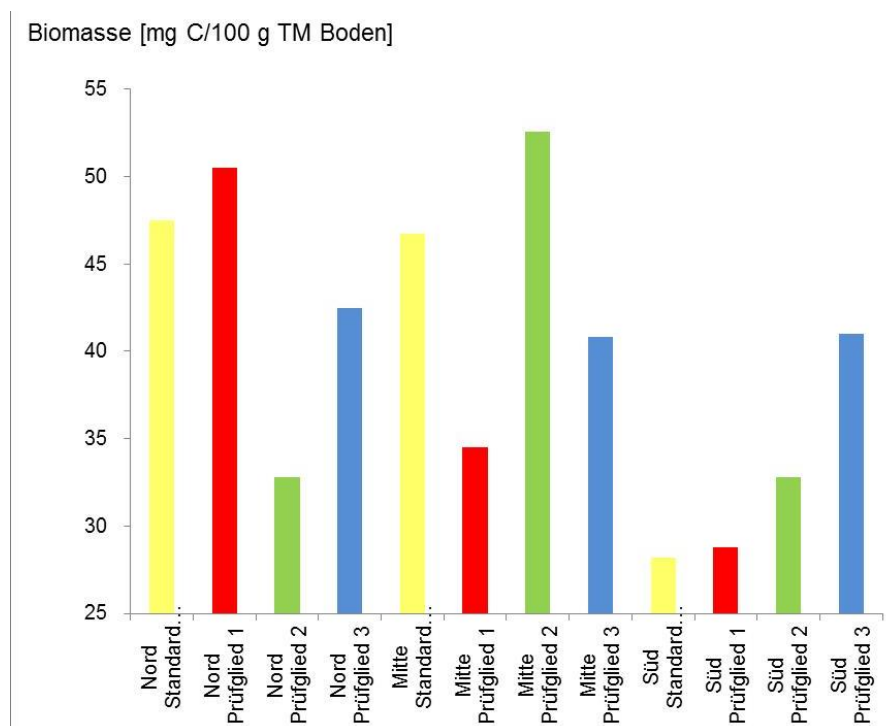
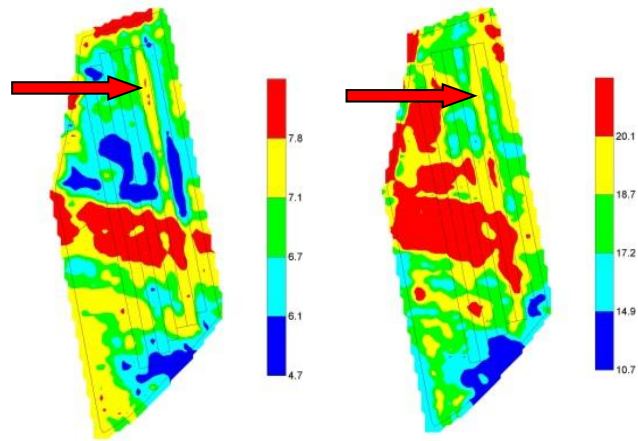


Abbildung 52: Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.21, 14. November 2012

Die N_{\min} -Bodenprobenahme vom 6. März 2013 zeigte fast durchgängige Nullwerte für Ammonium und höhere nitratbasierte N_{\min} -Gehalte (Bodenschicht 0-60 cm) beim Prüfglied 3, in der Mitte sowie im Südteil des Schlags. Zur ersten Stickstoffgabe wurden 65 kg N/ha appliziert. Bei den Prüfgliedern 2 und 3 erhielt der Winterweizen zu BBCH 30 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar. Am 3. Mai 2013 wurde die zweite Stickstoffgabe verabreicht. Der „YARA N-Sensor ALS“ lieferte am 3. Mai 2013 von der Versuchsfläche 693 Biomasseindexmesswerte. Die Biomasseindexmesswerte waren normalverteilt. Der Biomasseindexmittelwert von 6,7 (Minimum: 5.4, Maximum: 7.9) zeichnete sich durch eine geringe Varianz von 0.2 aus. Auffällig waren zu diesem Zeitpunkt die höheren Biomasseindexwerte von Prüfglied 3 (siehe Abbildung 53). Auch zum Zeitpunkt der dritten Stickstoffgabe zu Winterweizen, siehe Abbildung 53, am 12. Juni 2013 hoben sich die Biomasseindexwerte von Prüfglied 3 noch etwas von den benachbarten Standards ab. Der mittlere Biomasseindexwert betrug 19,1 (Minimum: 12.4, Maximum: 22.1) bei einer Varianz von 2,3.

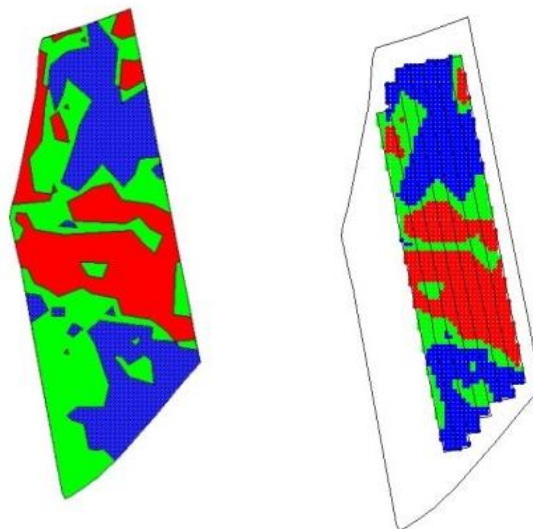


Biomasseindex
3. Mai 2013
„YARA N-Sensor® ALS“

Biomasseindex
12. Juni 2013
„YARA N-Sensor® ALS“

Abbildung 53: Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 121.21, 3. Mai und 12. Juni 2013

Auf Grundlage der Messungen mit dem „EM38“, dem „YARA N-Sensor® ALS“ und den Ertragserfassungssystemen der Mähdrescher wurden für den Schlag 121.21 vorab Bewirtschaftungszonen erstellt. Die Bewirtschaftungszonen spiegeln das Ertragserwartungsniveau (siehe Abbildung 54, blau: niedrig, grün: mittel, rot: hoch).



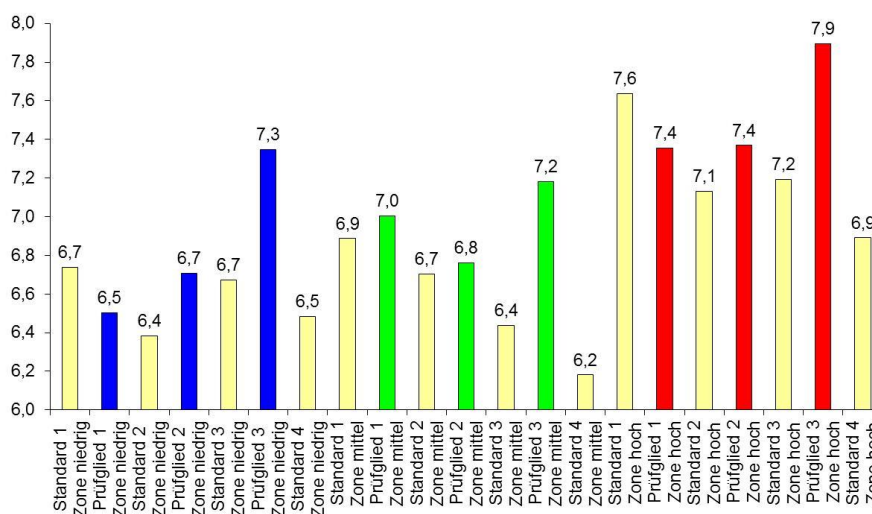
Bewirtschaftungs-
zonen

Bewirtschaftungs-
zonen im Lang-
parzellenversuch

Abbildung 54: Bewirtschaftungszonen vom Schlag 121.21

Innerhalb der Schlagzone mit geringer (in der Abbildung 55 blaue Säulen) und mittlerer Ertragserwartung (in der Abbildung 55 grüne Säulen) hatte das Prüfglied 3 am 3. Mai 2013 die höchsten Biomasseindexwerte. Die Schlagzone mit hoher Ertragserwartung (in der Abbildung 55 rote Säulen) hatte bodenbedingt die höchsten Biomasseindexmesswerte. In dieser Schlagzone kompensierte der lehmig-tonige Boden variantenbedingte Effekte. Aber auch hier hob das Prüfglied 3 deutlich von anderen Prüfgliedern und den Standards ab. Zum Zeitpunkt der Biomasseindexmessung am 12. Juni 2013 hatte das Prüfglied 3 innerhalb der Schlagzone mit

geringer Ertragserwartung noch immer die höchsten Biomasseindexwerte. In den anderen Bewirtschaftungs-
zonen des Schlags näherten sich die Biomasseindexwerte an.



**Abbildung 55: Biomasseindexwerte nach Bewirtschaftungs-zonen vom Schlag 121.21, 3. Mai 2013 (Va-
rianten nach der Tabelle 17)**

Am 16. August 2013 wurde der Winterweizen mit dem Mähdrescher „New Holland CX 8060“ geerntet. Für die Kornrohertragsauswertung wurde ein Wertebereich von 20 bis 120 dt pro Hektar zugelassen. Innerhalb der Versuchsfläche gab es bewirtschaftungs-zonenbedingte Ertragseffekte. Die Kornerträge des Weizens folgten der Ertragserwartung für die Bewirtschaftungszone (siehe Tabelle 19).

**Tabelle 19: Winterweizenkornroherträge nach Bewirtschaftungs-zonen vom Schlag 121.21,
16. August 2013**

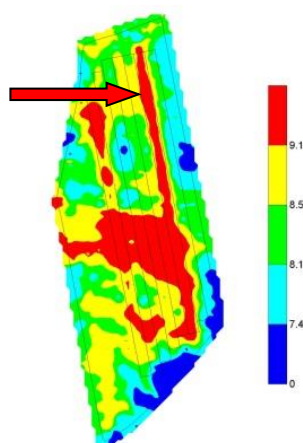
Ertragserwartung	mittlerer Rohertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
niedrig	70,6	10,1
mittel	74,2	9,9
hoch	76,5	10,7

Die Varianzanalyse für den Kornertrag wies Signifikanz für die Prüfglieder, aber nicht für die Standards aus. Die Grenzdifferenz des Kornertrages für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder betrug 2,0 dt/ha ($\alpha = 0,05$). Damit hob sich das Prüfglied 3 mit 74,5 dt/ha signifikant von den anderen Prüfgliedern ab (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Winterweizenkornroherträge nach Prüfgliedern auf Schlag 121.21, 16. August 2013

Prüfglied	mittlerer Rohertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
Kompost	70,3	9,7
„Quaterna® Terra“	70,3	7,9
Kompost und „Quaterna® Terra“	74,4	7,1

Dem Winterweizen folgte 2013 die Saat der Wintergerste. Die Prüfglieder 2 und 3 erhielten nach Vegetationsbeginn am 18. März 2014 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar. Die zweite Stickstoffgabe (50 kg N/ha) wurde Anfang April 2014 gegeben. Zu diesem Zeitpunkt hob sich das Prüfglied 3 wieder klar bei den Biomasseindexwerten von den anderen Prüfgliedern und den Standards ab (siehe roter Pfeil in der Abbildung 56).



Biomasseindex
9. April 2014
„YARA N-Sensor® ALS“

Abbildung 56: Biomasseindexwerte von Wintergerste auf Schlag 121.21, 9. April 2014 (roter Pfeil zeigt auf die Langparzelle von Prüfglied 3, siehe Tabelle 17)

Die Wintergerste wurde am 3 Juli 2014 mit dem Mähdrescher „New Holland CX 8060“ geerntet. In die Ertragsauswertung flossen Kornerträge von 20 bis 120 dt/ha ein. Die Grenzdifferenz für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder fiel mit 18,6 dt/ha ($\alpha = 0,05$) hoch aus. Auch bei dieser relativ hohen Grenzdifferenz war das Prüfglied 3 dem Prüfglied 2 signifikant unterlegen. Die Standards 1 bis 4, nach Tabelle 17, unterschieden sich nicht.

Tabelle 21: Wintergerstenkornroherträge auf Schlag 121.21, 27. Juli 2011

Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohrertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1			66,7	20,8
	1	Kompost	91,2	4,7
2			72,4	10,9
	2	„Quaterna® Terra“	103,0	9,7
3			64,6	12,0
	3	Kompost und „Quaterna® Terra“	82,5	9,2
4			78,4	1,3

Innerhalb der Bewirtschaftungszonen erreichte das Prüfglied 2 mit „Quaterna® Terra“ die höchsten Erträge. Das Prüfglied 3 fiel in der Zonen mit mittlerer und hoher Ertragserwartung hinsichtlich des Kornertrages ab.

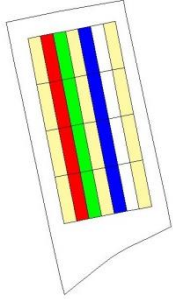
Für den Prüfungszeitraum können zusammenfassend aus dem Versuch auf dem Schlag 121.21 folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die alleinige Ausbringung von Kompost verursachte, außer bei Wintergerste, keinen Mehrertrag.
- Auf den Kornertrag der Wintergerste wirkte sich die alleinige „Quaterna® Terra“-Applikation ertragsseitig positiv aus.
- Die Applikation von Kompost und „Quaterna® Terra“ (nach Prüfglied 3 der Tabelle 17) förderte den Ertrag von Weizenkorn. Im Jahr dieser Vorteilswirkung (2013) gab es ausreichend Regen bis zum Juni.

3.2.4.2 Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Körnermais auf Schlag 121.22

Auf dem 13,5 ha großen Schlag 121.22 wurde 2014 Mais angebaut. Zum pflanzenbaulichen Test in der Langparzellenanlage, mit vier Wiederholungen pro Variante, kamen die in der Tabelle 22 aufgeführten Produkte. Eine Parzelle war 100 m lang und 24 m breit. Im Rahmen der Versuchsflächenvorbereitung wurde Anfang April 2014 die vollständig ausgewinterte Zwischenfrucht gemulcht.

Tabelle 22: Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln zu Mais auf Schlag 121.22, 2014

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1			Yellow	
2		1	Saatgutbehandlung: „AKRA Azoarcus“ vor Maisreihenschluss: 1,0 l „AKRA Azotobacter“ + 4,0 l „AKRA Blatt“ + 1,0 l „AKRA plus 9“ + 600 l H ₂ O/ha	Red	
3		2	vor der Maissaat 1,5 l „Mykonor Bio-NPK“/ha + 400 l H ₂ O/ha	Green	
4	2			Yellow	
5		3	mit der Herbizidapplikation: 3 l „BlackJak® SC“/ha + 600 l H ₂ O/ha	Blue	
6		4	vor der Maissaat 200 kg „Quaterna® Terra“/ha nach der Saat 200 kg „Quaterna® Terra“/ha	White	
7	3			Yellow	

Das Maissaatgut für das Prüfglied 1 der Tabelle 22 wurde mit „AKRA Azoarcus“ am 14. April 2014 behandelt. Einen Tag später erfolgten die Applikationen der Prüfglieder 2 und 4 der Tabelle 22. Die Maissaat fand am 16. April 2014 statt. Die drei Liter „BlackJak® SC“ pro Hektar wurden mit der Pflanzenschutzspritze am 22. Mai 2014 ausgebracht. Die Randdüsen der Spritze wurden geschlossen, weil die Breite der Langparzelle aussaatbedingt bei 24 m lag. Das „BlackJak® SC“ sollte ursprünglich zur chemischen Unkrautbekämpfung mitgegeben werden, die im speziellen Fall nicht erforderlich war. Am 6. Juni 2014 wurde die „BlackJak® SC“-Applikation mit fünf Liter pro Hektar noch einmal wiederholt, weil keine Effekte durch die vorangegangene „BlackJak® SC“-Applikation feststellbar waren. Am gleichen Tag kamen die restlichen „AKRA“-Produkte, nach Prüfglied 1 der Tabelle 22, auf das Feld. Am 12. Juni 2014 folgten 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar, laut Prüfglied 4 der Tabelle 22. Der Mais wurde am 27. Oktober 2014 mit dem Mähdrescher „Claas Lexion 450“ gedroschen. Nach der Varianzanalyse konnten beim Prüfmerkmal „Körnermaisrohertrag“ keine nachweisbaren Unterschiede innerhalb der Standards, innerhalb der Prüfglieder und auch zwischen den Standards und Prüfgliedern festgestellt werden. Die Körnermaisroherträge sind in der Tabelle 23 aufgelistet.

Tabelle 23: Körnermaisroherträge auf Schlag 121.22, 27. Oktober 2014

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	1			85.2	4,3
2		1	„AKRA“-Produkte	72.0	3,4
3		2	„Mykonor Bio-NPK“	82.2	16,8
4	2			91.7	7,9
5		3	„BlackJak® SC“	81.0	10,7
6		4	„Quaterna® Terra“	82.3	7,2
7	3			78.7	6,1

Im Jahr 2014 war in diesem Körnermaisversuch **keine** Ertragswirkung der eingesetzten Bodenverbesserungsmittel feststellbar.

3.2.4.3 Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Silomais auf Schlag 121.31

Auf dem Schlag 121.31 wurde im Frühjahr 2013 Mais gesät. Zum Einsatz kamen „AKRA“-Produkte, „Mykonor Bio-NPK“ und „Quaterna® Terra“, wie es aus der Tabelle 24 ersichtlich ist. Die Langparzellenanlage hatte vier Wiederholungen pro Standard bzw. Prüfglied. Eine Parzelle war 100 m lang und 24 m breit.

Tabelle 24: Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln zu Mais auf Schlag 121.31, 2013

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1			gelb	
2		1	zum 6-Blattstadium von Mais 2 l „AKRA Blatt“ + 0,5 l „AKRA plus 9“ + 0,5 l „AKRA Azotobacter“ + 200 l H ₂ O/ha	rot	
3	2			gelb	
4		2	vor der Maissaat 1,5 l „Mykonor Bio-NPK“/ha + 400 l H ₂ O/ha	grün	
5	3			gelb	
6		3	vor der Maissaat 200 kg „Quaterna® Terra“/ha + nach der Saat 200 kg „Quaterna® Terra“/ha	blau	
7	4			gelb	

Die N_{\min} -Werte (Bodenschicht 0–60 cm) der Bodenprobenahme vom 28. Februar 2013 lagen bei 45 kg N_{\min} /ha, hauptsächlich nitratbasiert. Die „AKRA“-Produkte, nach Prüfglied 1 der Tabelle 24, wurden am 19. Juni 2013 appliziert. Der Mais hatte das 6-Blattstadium durchschritten. Die termingerechte Applikation war nicht möglich, weil vor dem Hochwasser 2013 die Landtechnik aus dem LVG Köllitsch evakuiert werden musste. Der Mais wurde am 11. September 2013 mit dem Feldhäcksler „John Deere 7350“ geerntet. Wie aus der Tabelle 25 ersichtlich, fielen die Silomaisfrischmasseerträge insgesamt niedrig aus. Die varianzanalytische

Auswertung bestätigte die Nichtsignifikanz zwischen den Prüfgliedern 1 bis 3 der Tabelle 25. Die Grenzdifferenz für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder lag bei 39,1 dt/ha ($\alpha = 0,05$).

Tabelle 25: Silomaisroherträge auf Schlag 121.31, 11. September 2013

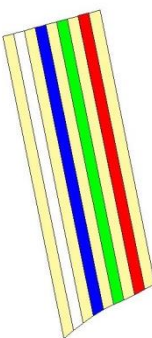
Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohrertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	1			243,8	68,1
2		1	„AKRA“-Produkte	282,2	53,1
3	2			298,8	62,5
4		2	„Mykonor Bio-NPK“	314,5	72,6
5	3			297,2	45,7
6		3	„Quaterna® Terra“	309,8	47,0
7	4			293,3	56,9

Im Jahr 2013 war in diesem Silomaisversuch keine Ertragswirkung der eingesetzten Bodenverbesserungsmittel feststellbar. Bei dieser Feststellung ist die witterungsbedingte Verzögerung der Applikation von „AKRA“-Produkten zu berücksichtigen.

3.2.4.4 Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Körnermais auf Schlag 121.32

Vor dem Versuch mit den Produkten „BlackJak® SC“, „Mykonor Bio-NPK“ und „Quaterna® Terra“ (siehe Tabelle 26) in Mais wurde am 27. März 2012 die ausgewinterte Zwischenfrucht gemulcht. Am 12. April 2012 wurde teilschlagbezogen gekalkt. Eine Langparzelle des Versuchs war mindestens 200 m lang und 24 m breit. Die Prüfprodukte wurden am 25. April 2012 appliziert. Unmittelbar danach wurde der Mais gelegt.

Tabelle 26: Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 121.32, 2012

Nummer	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1			gelb	
2		1	vor der Maissaat 3 l „BlackJak® SC“ + 200 l H ₂ O/ha	rot	
3	2			gelb	
4		2	vor der Maissaat 1,5 l „Mykonor Bio-NPK“/ha + 400 l H ₂ O/ha	grün	
5	3			gelb	
6		3	vor der Maissaat 200 kg „Quaterna® Terra“/ha + nach der Saat 200 kg „Quaterna® Terra“/ha	blau	
7	4			gelb	
8		4	vor der Maissaat 400 kg „Quaterna® Terra“/ha	weiß	
9	5			gelb	

Auch weit nach dem Saataufgang waren keine optisch wahrnehmbaren prüfgliedbedingten Entwicklungsunterschiede an den Maispflanzen feststellbar (siehe Abbildung 57).

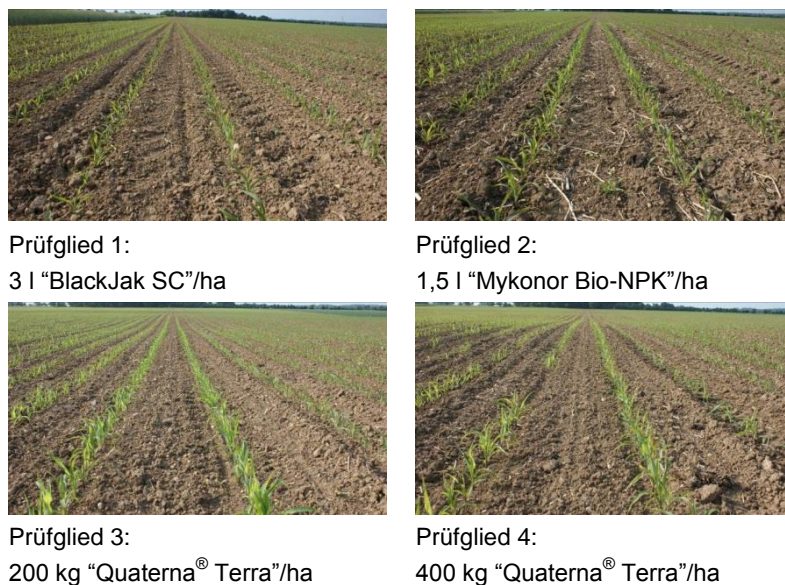


Abbildung 57: Maisentwicklungstand nach Prüfgliedern auf Schlag 121.32, 30. Mai 2012

Die zweite Gabe von „Quaterna® Terra“ (Prüfglied 3) wurde am 12. Juni 2012 verabreicht, weil so der zeitliche Abstand zur erfolgten Herbizidapplikation ausreichend war. Der Körnermais wurde am 17. Oktober 2012 mit dem Mähdrescher „Claas Lexion 450“ gedroschen. Die Auswertung der Mais Kornroherträge basiert auf dem Kerndrusch. Wie aus der Tabelle 27 ersichtlich, wirkten „Mykonor Bio-NPK“ und die geteilte Gabe von „Quaterna® Terra“ im Vergleich zum Mittelwert der Standards tendenziell ertragspositiv.

Tabelle 27: Körnermaisroherträge auf Schlag 121.32, 17. Oktober 2012

Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohrertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1-5			85,7	5,4
	1	„BlackJak® SC“	75,0	3,8
	2	„Mykonor Bio-NPK“	91,3	4,6
	3	„Quaterna® Terra“-splitting	90,3	8,6
	4	„Quaterna® Terra“-	86,0	6,5

Am 14. November 2012 wurden Bodenproben (Bodenschicht 0–20 cm) genommen, um die mikrobielle Biomasse nach ISO 14240-1 zu bestimmen. Die Abbildung 58 zeigt eine erhöhte mikrobielle Biomasse im Boden bei „Quaterna® Terra“-Varianten. Am besten schnitt die splitting-Variante mit „Quaterna® Terra“ ab.

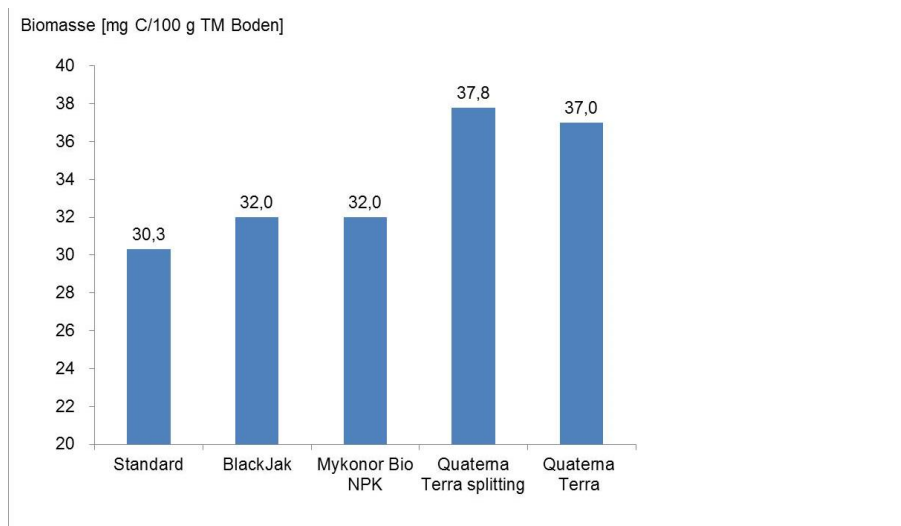


Abbildung 58: Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 121.32, 14. November 2012 (Varianten nach Tabelle 26)

Aus diesem Versuch ließen sich positive ertragsbeeinflussende Tendenzen der Applikation von „Mykonor Bio-NPK“ und der geteilten Gabe von „Quaterna® Terra“ ableiten. „Quaterna® Terra“ förderte die mikrobielle Biomasse des Bodens deutlicher als andere Bodenverbesserungsmittel.

3.2.4.5 Einjähriger Versuch mit „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ zu Winterweizen auf Schlag 123.22

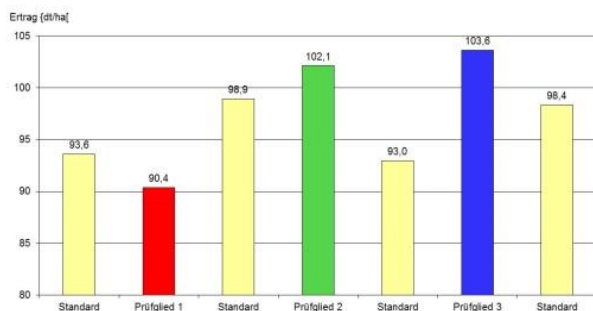
Der Schlag 123.22 ist in die 5-feldrige Fruchtfolge mit nicht wendender Bodenbearbeitung integriert. Im Jahr 2014 wurden hier „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ in Winterweizen geprüft (siehe Tabelle 28). Dazu wurden zwei Langparzellenanlagen mit vier Wiederholungen angelegt. Eine Parzelle war 50 m lang und 27 m breit. Die südlich gelegene Langparzellenanlage bekam 100 % Stickstoff zur 2. und 3. N-Gabe. Bei der nördlich gelegenen Langparzellenanlage wurden 75 % der Stickstoffmenge gedüngt. Es wurde differenziert Stickstoff gedüngt, um eine mögliche Stickstoffbereitstellung durch die auszubringenden Bodenbakterien zu ermitteln.

Tabelle 28: Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 123.22, 2014

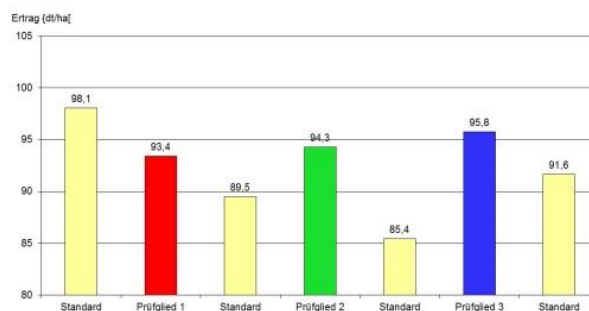
Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1			Yellow	
2		1	vor Vegetationsbeginn 300 kg/ha „AKRA Kombi“	Red	
3	2			Yellow	
4		2	EC 30 1 l/ha „AKRA Azoarcus“ 0,5 l/ha „AKRA Azotobacter“ 2 l/ha „AKRA Blatt“ + 0,5 l/ha „AKRA plus 9“ + 200 l/ha H ₂ O/ha EC 37 2 l/ha „AKRA Blatt“ + 0,5 l/ha „AKRA plus 9“ + 200 l/ha H ₂ O/ha	Green	
5	3			Yellow	
6		3	vor Vegetationsbeginn 300 kg/ha „AKRA Kombi“ EC 30 1 l/ha „AKRA Azoarcus“	Blue	

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
			0,5 l/ha „AKRA Azotobacter“ 2 l/ha „AKRA Blatt“ + 0,5 l/ha „AKRA plus 9“ + 200 l/ha H ₂ O/ha	Blue	
		EC 37	2 l/ha „AKRA Blatt“ + 0,5 l/ha „AKRA plus 9“ + 200 l/ha H ₂ O/ha		
7	4			Yellow	

Das „AKRA Kombi“²⁷ wurde am 11. März 2014 gestreut. BBCH 30 des Winterweizens war am 15. April 2014 erreicht. Termingerecht wurde die Tankmischung mit „AKRA Azoarcus“, „AKRA Azotobacter“, „AKRA Blatt“ und „AKRA plus 9“ bei den Prüfgliedern 2 und 3 nach Tabelle 28 appliziert. Gleichzeitig erhielt die südliche Langparzellenanlage 60 kg N/ha und die nördliche 45 kg N/ha. Zu BBCH 37 des Weizens folgten die restlichen Applikationen („AKRA Blatt“ und „AKRA plus 9“) bei den Prüfgliedern 2 und 3. Der Winterweizen wurde Anfang August 2014 mit dem Mähdrescher „Claas Lexion 450“ gedroschen. Wie die Abbildung 59 zeigt, lag das Ertragsniveau der südlichen Langparzellenanlage (100 % N-Düngung) gegenüber der nördlichen (75 % N-Düngung) höher. Das Prüfglied 1, die alleinige Applikation von „AKRA Kombi“, hatte den geringsten Kornertrag. Der höchste Kornertrag wurde mit dem Prüfglied 3 erreicht.



Mittelwerte [dt/ha] der südlich gelegenen Langparzellenanlage



Mittelwerte [dt/ha] der nördlich gelegenen Langparzellenanlage

Abbildung 59: Winterweizenkornroherträge auf Schlag 123.22, 5. August 2014 (Varianten nach Tabelle 28)

Für den Weizenrohertrag ergab die varianzanalytische Auswertung der südlichen Langparzellenanlage eine GD für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder von 12,5 dt/ha ($\alpha = 0,05$) und 9,9 dt/ha bei einem α von 0,10. Es hoben sich die Prüfglieder 2 und 3 signifikant vom Prüfglied 1 ab, wenn ein α von 0,10 angenommen wird. Für nördliche Langparzellenanlage ergab die varianzanalytische Auswertung des Weizenrohertrages eine GD für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder von 9,2 dt/ha ($\alpha = 0,05$) und 7,3 dt/ha bei einem α von 0,10. Hier unterschieden sich die Prüfglieder 1 bis 3 nicht. Es gab aber deutliche Unterschiede zwischen den Standards.

²⁷ http://www.duenger-akra.at/akra_duengesystem/akra_kombi_grundduengung

Aus diesen zwei Versuchen können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die Stickstoffdüngung hatte den dominierenden Effekt auf den Weizenkornenertrag.
- Die Applikationsstrategie nach Prüfglied 3 war auch bei reduzierter N-Düngung tendenziell hinsichtlich der Korntraghöhe am erfolgreichsten.
- Aus den Versuchen lassen sich keine Schlüsse auf einen anteiligen Ertragseffekt von „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ ableiten, weil mit den anderen applizierten „AKRA“-Produkten eine Vielzahl von Pflanzennährstoffen verabreicht wurde.

3.2.4.6 Mehrjähriger Versuch mit „Quaterna® Terra“ auf Schlag 123.23

Auch der Schlag 123.23 ist Bestandteil der 5-feldrigen Fruchtfolge mit nicht wendender Bodenbearbeitung. Im Langparzellenversuch wurde die ungeteilte und geteilte Gabe von „Quaterna® Terra“ (siehe Tabelle 29) geprüft. Im Untersuchungszeitraum sah der Anbauplan folgende Fruchtarten vor:

- 2010 Körnermais
- 2011 Sommergerste
- 2012 Winterraps
- 2013 Winterweizen
- 2014 Triticale

Die erste Ausbringung von „Quaterna® Terra“ erfolgte am 19. April 2010. Es kam der Düngerstreuer „Bogballe EXW“ zum Einsatz. Die Fahrgeschwindigkeit des Schleppers betrug 9 km pro Stunde. Der Mais wurde am 2. Mai 2010 gelegt. Eine mineralische N-Düngung erfolgte nicht, weil der Schlag am 29. April 2010 40 m³ Flüssigmist pro Hektar erhalten hatte.

Tabelle 29: Varianten zum Test von „Quaterna® Terra“ auf Schlag 123.23, 2010-2014

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1			Yellow	
2		1	splitting 200 kg „Quaterna® Terra“/ha + 200 kg „Quaterna® Terra“/ha	Red	
3		2	400 kg „Quaterna® Terra“/ha	Green	
4	2			Yellow	

Die „Quaterna® Terra“-Pellets lagen bis Ende April 2010 auf der Bodenoberfläche (siehe Abbildung 60). An deren Unterseite waren Pilze zu finden.



19. April 2010



22. April 2010



28. April 2010

Abbildung 60: „Quaterna® Terra“-Pellets auf dem Feld zu unterschiedlichen Zeitpunkten, Schlag 123.23, 2010

Die zweite Applikation von „Quaterna® Terra“ (Prüfglied 1 in Tabelle 29) zu Mais erfolgte am 18. Juni 2010. Der Mais befand sich zu diesem Zeitpunkt im 6-Blattstadium. Trockenheitsbedingt entwickelte sich der Mais bis Ende Juni 2010 sehr langsam. Prüfgliedbedingte Unterschiede waren nicht an den Maispflanzen zu erkennen. Am 2. November 2010 wurde der Körnermais mit dem Mähdrescher „Claas Lexion 450“ geerntet, und zwar 75,1 dt Körnermaishrohware pro Hektar. Wie aus der Tabelle 30 ersichtlich, gab es keine prüfgliedbedingten Ertragsunterschiede.

Tabelle 30: Körnermaishrohträge auf Schlag 123.23, 2. November 2010

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohertag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	1			73.8	15.8
2		1	2 x 200 kg „Quaterna® Terra“/ha	77.0	8.9
3		2	400 kg „Quaterna® Terra“/ha	77.6	8.6
4	2			76.9	10.6

Im folgenden Jahr 2011 wurde auf dem Schlag 123.23 Sommergerste angebaut. Hier galt es lediglich die Nachwirkung der 2010 getätigten „Quaterna® Terra“-Applikationen festzustellen. Der Kerndrusch der Langparzellen wurde am 25. Juli 2011 mit dem Mähdrescher „New Holland CX 8060“ durchgeführt. Vom Schlag wurden 42,6 dt Sommergerste pro Hektar geerntet. Tendenziell zeigten die Prüfglieder mit „Quaterna® Terra“ höhere Sommergerstenkornrohträge (siehe Tabelle 31). Sie unterschieden sich aber nicht signifikant von den Kornträgen der Standard-Langparzellen.

Tabelle 31: Sommergerstenkornrohträge auf Schlag 123.23, 25. Juli 2011

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohertag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	1			42,6	14,1
2		1		50,2	13,7
3		2		49,6	
4	2			44,8	11,9

Der Sommergerste folgte im August 2011 die Winterappsaat. Die erste Applikation von „Quaterna® Terra“, nach Prüfglied 1 der Tabelle 29, wurde bereits am 21. September 2011 gestreut²⁸. Die zweite Applikation sollte zu Vegetationsbeginn 2012 erfolgen. Im Frühjahr 2012 mussten weitere „Quaterna® Terra“-Applikationen ausgesetzt werden, weil der Winterrapss großflächig auf dem Schlag 123.23 ausgewintert war. Auf der Fläche wurde im Frühjahr 2012 Mais angebaut.

Um eine Nachwirkung von „Quaterna® Terra“ im Boden festzustellen, wurden am 14. November 2012 bei den Prüfgliedern 1 und 2 Bodenproben (Bodenschicht 0–20 cm) zur Bestimmung der mikrobiellen Biomasse nach ISO 14240-1 entnommen. Auch von den Standards wurde eine Mischprobe für diesen Zweck zusammengestellt. Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt die Abbildung 61. Im Gegensatz zu allen anderen diesbezüglichen Untersuchungsergebnissen hatten die Prüfglieder mit „Quaterna® Terra“, im Vergleich zur Mischprobe der Standards, die geringere mikrobielle Biomasse im Boden aufzuweisen.

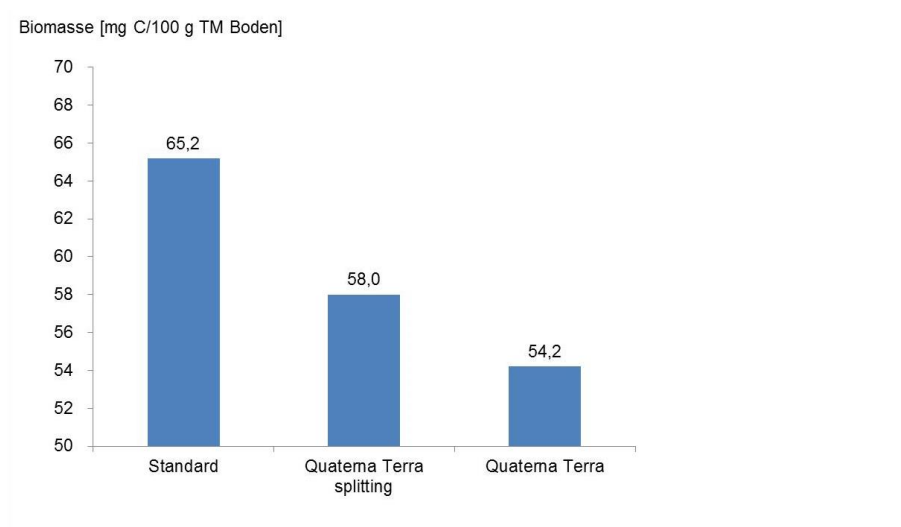


Abbildung 61: Mikrobielle Biomasse des Bodens, Schlag 123.23, 14. November 2012 (Varianten nach Tabelle 29)

Die Ergebnisse der N_{\min} -Bodenprobenahme vom 27. Februar 2013 zeigten keine größeren Differenzen zwischen den Varianten. Die N_{\min} -Werte wurden durch den Nitratgehalt bestimmt. Die obere Bodenschicht (0–30 cm) hatte fast einheitlich rund 25 kg N_{\min} /ha. Der Schlag 123.23 wurde am 26. März mit 70 kg N/ha gedüngt. Am 18. April 2013 wurden 200 und 400 kg „Quaterna® Terra“/ha zu BBCH 30 des Winterweizens gegeben. Auf weitere „Quaterna® Terra“-Gaben wurde verzichtet, um unter Umständen eine deutlichere Merkmalsausprägung zwischen den Prüfgliedern zu erreichen. Zu den Zeitpunkten der zweiten (3. Mai 2013) und dritten Stickstoffgabe (12. Juni 2013) wurden nicht variantenbedingte Unterschiede der Weizenbiomasse mit dem „YARA N-Sensor ALS“ gemessen, wie die Abbildung 62 zeigt.

²⁸ abgestimmt mit dem Hersteller am 17. August 2011

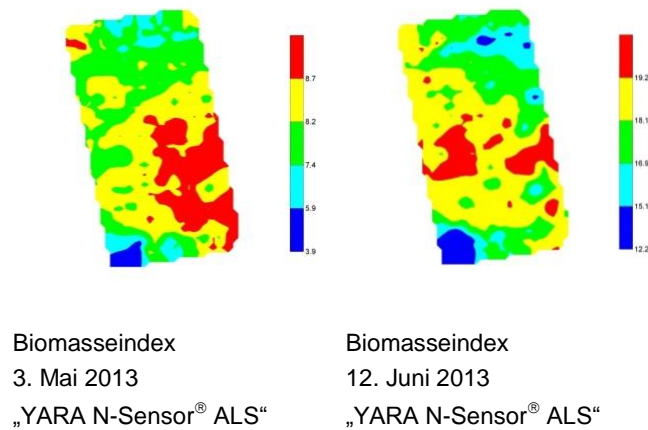


Abbildung 62: Biomasseindexwerte von Winterweizen auf Schlag 123.23, 3. Mai und 12. Juni 2013

Die Tabelle 32 zeigt variantenbezogen die Rohrerträge von Winterweizenkorn [dt/ha] des Kerndruschs vom 3. August 2013 mit dem Mähdrescher „Class Lexion 450“.

Tabelle 32: Winterweizenkornroherträge auf Schlag 123.23, 3. August 2013

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohrertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	1			68,6	4,5
2		1	200 kg „Quaterna® Terra“/ha	77,1	9,6
3		2	400 kg „Quaterna® Terra“/ha	78,2	7,7
4	2			73,2	6,4

Tendenziell hoben sich die Prüfglieder mit dem Produkt „Quaterna® Terra“ von den benachbarten Standards ab. Die Steigerung der „Quaterna® Terra“-Menge um 200 kg/ha (Prüfglied 2) brachte beim Winterweizen keinen Ertragsvorteil. Die varianzanalytische Auswertung der Weizenkornrerträge ergab eine Nichtsignifikanz zwischen den Prüfgliedern 1 und 2. Die GD für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder betrug 3,7 dt/ha ($\alpha = 0,05$).

In der 5-feldigen Fruchtfolge auf dem Schlag 123.23 folgte dem Winterweizen die Triticale. Am 18. März 2014 erhielt das Prüfglied 1 200 kg und das Prüfglied 2 400 kg „Quaterna® Terra“/ha. Die Kartierung der Biomasseindexwerte vom „YARA N-Sensor® ALS“ befindet sich auf der linken Seite der Abbildung 63. Die Triticale wurde am 18. Juli 2014 mit dem Mähdrescher „New Holland CX 850“ gedroschen. Die Ergebnisse des Kerndruschs der Varianten zeigt die folgende Tabelle. Den höchsten Ertrag erreichte das Prüfglied 1 mit 80,7 dt Kornrohertrag pro Hektar. Auch in der Abbildung 63, rechte Seite, ist das Prüfglied 1 klar erkennbar.

Tabelle 33: Triticalekornroherträge auf Schlag 123.23, 18. Juli 2014

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	1			74,9	9,7
2		1	200 kg „Quaterna® Terra“/ha	80,7	12,8
3		2	400 kg „Quaterna® Terra“/ha	71,4	7,5
4	2			69,6	10,4

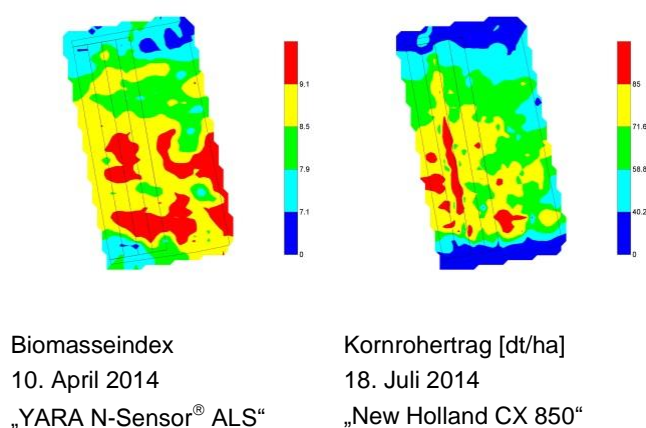


Abbildung 63: Biomasseindex- und Kornrohertragswerte von Triticale auf Schlag 123.23, 2014

Die varianzanalytische Auswertung für das Prüfmerkmal „Kornrohertrag“ ergab eine Grenzdifferenz für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder von 6,3 dt/ha ($\alpha = 0,05$) und 4,7 dt/ha bei einem α von 0,10. Damit war das Prüfglied 1 dem Prüfglied 2 bei beiden Irrtumswahrscheinlichkeiten signifikant überlegen. Die Standards unterschieden sich nicht.

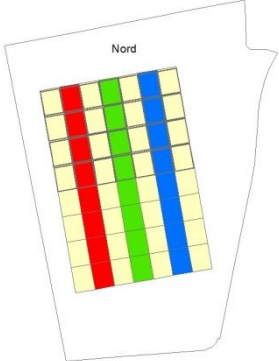
Die mehrjährigen Versuchsergebnisse mit „Quaterna® Terra“ auf dem Schlag 123.23 (nicht wendende Bodenbearbeitung) erlauben nachfolgende Schlüsse:

- Die alleinige Applikation von 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar, zu BBCH 30 des Wintergetreides, war hinsichtlich einer positiven Ertragsbeeinflussung ausreichend.
- Eine Gabenteilung von „Quaterna® Terra“ und die Steigerung der Aufwandmenge auf 400 kg pro Hektar brachte keine Vorteile.
- Beim Maisanbau erwies sich die oberflächige Ausbringung von „Quaterna® Terra“ nicht als pflanzenunterstützende Hilfestellung zur Überbrückung von Trockenperioden.

3.2.4.7 Einjähriger Versuch mit „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ zu Sommergerste auf Schlag 123.25

Die zwei auf dem Schlag 123.25 in Sommerfuttergerste angelegten Langparzellenanlagen waren methodisch an die Langparzellenanlagen auf dem Schlag 123.22 angelehnt. Der Schlag 123.25 ist ebenfalls Bestandteil der pfluglosen 5-feldrigen Fruchtfolge des LVG Köllitsch. Im Jahr 2014 wurden hier „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ geprüft (siehe Tabelle 34). Eine Parzelle war 35 m lang und 27 m breit. Die südlich gelegene Langparzellenanlage erhielt 100 %, die nördlich gelegene 75 % der Stickstoffmenge. Angedüngt wurde mit 40 bzw. 30 kg N/ha. Zu BBCH 30 der Sommerfuttergerste wurden 30 bzw. 22,5 kg N/ha verabreicht.

Tabelle 34: Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 123.22, 2014

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1			Yellow	
2		1	vor der Saat 0,33 l „AKRA Azoarcus“/100 kg Saatgut	Red	
3	2			Yellow	
4		2	EC 30 2 l „AKRA Blatt“/ha + 0,5 l „AKRA plus 9“ + 0,5 l „AKRA Azotobacter“ + 200 l H ₂ O/ha	Green	
5	3			Yellow	
6		3	vor der Saat 0,33 l „AKRA Azoarcus“/100 kg Saatgut EC 30 2 l „AKRA Blatt“/ha + 0,5 l „AKRA plus 9“ + 0,5 l „AKRA Azotobacter“ + 200 l H ₂ O/ha	Blue	
7	4			Yellow	

Das Saatgut wurde am 11. März 2014 mit „AKRA Azoarcus“ behandelt. Die Saat fand zwei Tage später statt. Die Abbildung 64 resultiert aus der Rückschreibung des Traktorenautopilotensystems zur Saat des unbehandelten Saatguts und zeigt, neben den zwei hintereinander liegenden Langparzellenanlagen, zwei offene Saatstreifen (die Prüfglieder 1 und 3 mit je 6 x 4,5 m Drillbreite) für das mit „AKRA Azoarcus“ behandelte Saatgut.

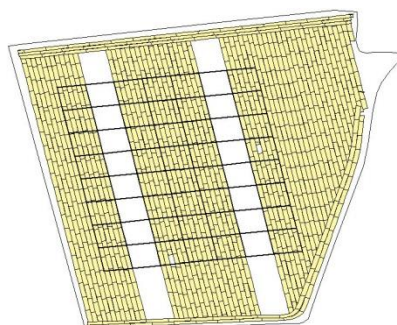


Abbildung 64: Langparzellenanlagen mit Saatfenstern (WGS84) auf Schlag 123.25, 13. März 2014

Die Biomasse der Sommergerste wurde am 23. April 2014 mit dem „YARA N-Sensor[®] ALS“ gemessen. Eindeutige Beziehungen der Biomasseindexwerte zu den Prüfgliedern gab es nicht. Am 22. Juli 2014 wurde gedroschen. Die Ergebnisse des Kerndruschs mit dem Mähdrescher „New Holland CX 850“ zeigt die nachstehende Tabelle.

Tabelle 35: Sommergerstenkornroherträge auf Schlag 123.25, 22. Juli 2014

N-Düngung	Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
100 %	1	1			67,13	1,7
	2		1	Saatgutbehandlung	72,85	3,1
	3	2			67,74	3,4
	4		2	Blattapplikation	73,76	2,5
	5	3			77,52	2,6
	6		3	Saatgutbehandlung und Blattapplikation	70,88	1,9
	7	4			73,34	2,5
75 %	1	1			57,90	3,6
	2		1	Saatgutbehandlung	68,14	3,2
	3	2			65,34	3,8
	4		2	Blattapplikation	67,38	1,9
	5	3			64,87	2,0
	6		3	Saatgutbehandlung und Blattapplikation	65,15	2,3
	7	4			57,46	3,6


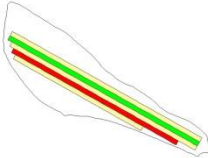
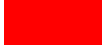



Die Varianzanalyse wies beim Prüfmerkmal „Kornrohertrag“ zu erwartende Signifikanz innerhalb der Standards aus, für die Prüfglieder nicht. Bei 100 % Stickstoffdüngung lag die GD für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder bei 5,6 dt/ha ($\alpha = 0,05$) und 4,5 dt/ha bei einem α von 0,10. Zwischen den Prüfgliedern gab es bei beiden Irrtumswahrscheinlichkeiten keine Unterschiede. Bei 75 % N-Düngung kam es zu vergleichbaren Ergebnissen. Hier lag die GD für den paarweisen Mittelwertvergleich der Prüfglieder bei 5.2 dt/ha ($\alpha = 0,05$) und bei 4,1 dt/ha bei einem α von 0,10. Das Ertragsniveau war im Vergleich zu den Varianten mit 100 % Stickstoffdüngung niedriger.

Zusammenfassend ließ sich feststellen, dass hinsichtlich der Saatgutbehandlung mit „AKRA Azoarcus“ und der Applikation der Tankmischung „AKRA Blatt“ + „AKRA plus 9“ + „AKRA Azotobacter“ keine nachweisbaren Effekte auf den Kornertrag von Sommerfuttergerste am Standort Köllitsch nachgewiesen wurden.

3.2.4.8 Einjähriger Versuch mit Bodenverbesserungsmitteln zu Körnermais auf Schlag 122.5

Abschließend wird ein Langparzellenversuch in Mais auf dem Schlag 122.5 im Jahr 2011 vorgestellt. Die Varianten des Versuchs sind in der Tabelle 36 beschrieben.

Tabelle 36: Varianten zum Test von Bodenverbesserungsmitteln auf Schlag 122.5, 2011

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Farbe	Übersicht
1	1				
2		1	3 l „BlackJak® SC“ + 200 l H ₂ O/ha		
3	2				
4		2	1 l „Mykonor Bio-NPK“/ha + 400 l H ₂ O/ha		
5	3				

Der Mais wurde am 3. Mai 2011 gesät. Aufgrund der anhaltenden Trockenheit wurde die Applikation von „Mykonor Bio-NPK“ auf den 17. Mai 2011 verschoben. Der Spritzendruck der verwendeten RAUH-Pflanzenschutzspritze betrug 2,5 bar. Gefahren wurde mit 5 km pro Stunde. An diesem Tag war die Bodenoberfläche des Schlags trocken und es fiel kein Regen. Am 7. Juni 2011 wurden 3 l „BlackJak® SC“ mit 200 l Wasser/ha mit der Pflanzenschutzspritze ausgebracht. Der Mais befand sich im 4-6-Blattstadium. Dieser Applikationstag war durch drückende Schwüle gekennzeichnet. Der Drusch von Körnermais mit dem Mährescher „Claas Lexion 450“ begann am 14. Oktober 2011. Die Kornerträge der Varianten wurden mittels Kerndrusch, wie es die Abbildung 65 dokumentiert, gewonnen.



Abbildung 65: Kerndrusch zur Körnermaisernte auf Schlag 122.5, 14. Oktober 2011

Die Kornerträge der Prüfglieder unterschieden sich eindeutig nicht, wie aus nachfolgenden Tabelle ersichtlich ist. Deshalb wurde auf die weitere varianzanalytische Auswertung verzichtet.

Tabelle 37: Körnermaisroherträge auf Schlag 122.5, 14. Oktober 2011

Variante	Standard	Prüfglied	Beschreibung	Rohrertrag Korn [dt/ha]	Streuung [dt/ha]
1	1			101,7	15,1
2		1	3 l „BlackJak® SC“ + 200 l H ₂ O/ha	103,6	10,2
3	2			103,3	9,0
4		2	1 l „Mykonor Bio-NPK“/ha + 400 l H ₂ O/ha	105,0	8,0
5	3			100,9	11,1

3.2.5 Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung

Auf den Schlägen 121.21, 121.4 und 123.23 wurden Effekte an Pflanzen festgestellt, die auf Kompost bzw. Bodenverbesserungsmittel zurückzuführen waren. Nur für diese Schläge werden an dieser Stelle ausgewählte Bodenuntersuchungsergebnisse vorgestellt, um den Zusammenhang zwischen Kompost und Bodenverbesserungsmitteln mit den Bodenuntersuchungswerten darzustellen. Beim Schlag 121.21 der 5-feldrigen Fruchtfolge mit Pflugeinsatz und 121.4 – auch hier wurde gepflügt – wiesen die Ergebnisse der Bodenbeprobungen der Bodenschicht 0–20 cm von 2009, 2011 und 2014 für die Prüfmerkmale „Humusgehalt [%]“ und „N_{total}-Gehalt [%]“ auf bodenanalytisch begleitende Trends hin (siehe Abbildung 66 und Abbildung 67). Eine eindeutige Abgrenzung der Bodenuntersuchungswerte von behandelten Prüfglied-Langparzellen gegenüber den benachbarten Standard-Langparzellen wurde nicht festgestellt. Der Humusgehalt und der N_{total}-Gehalt (Bodenschicht

0–20 cm) des Schlags 121.21 fiel 2014 insgesamt höher aus. Ursache dafür war der Zwischenfruchtanbau. Im Untersuchungszeitraum blieb der P_{CAL} -Gehalt [mg/100 g Boden] des Bodens, Bodenschicht 0–20 cm, relativ stabil.

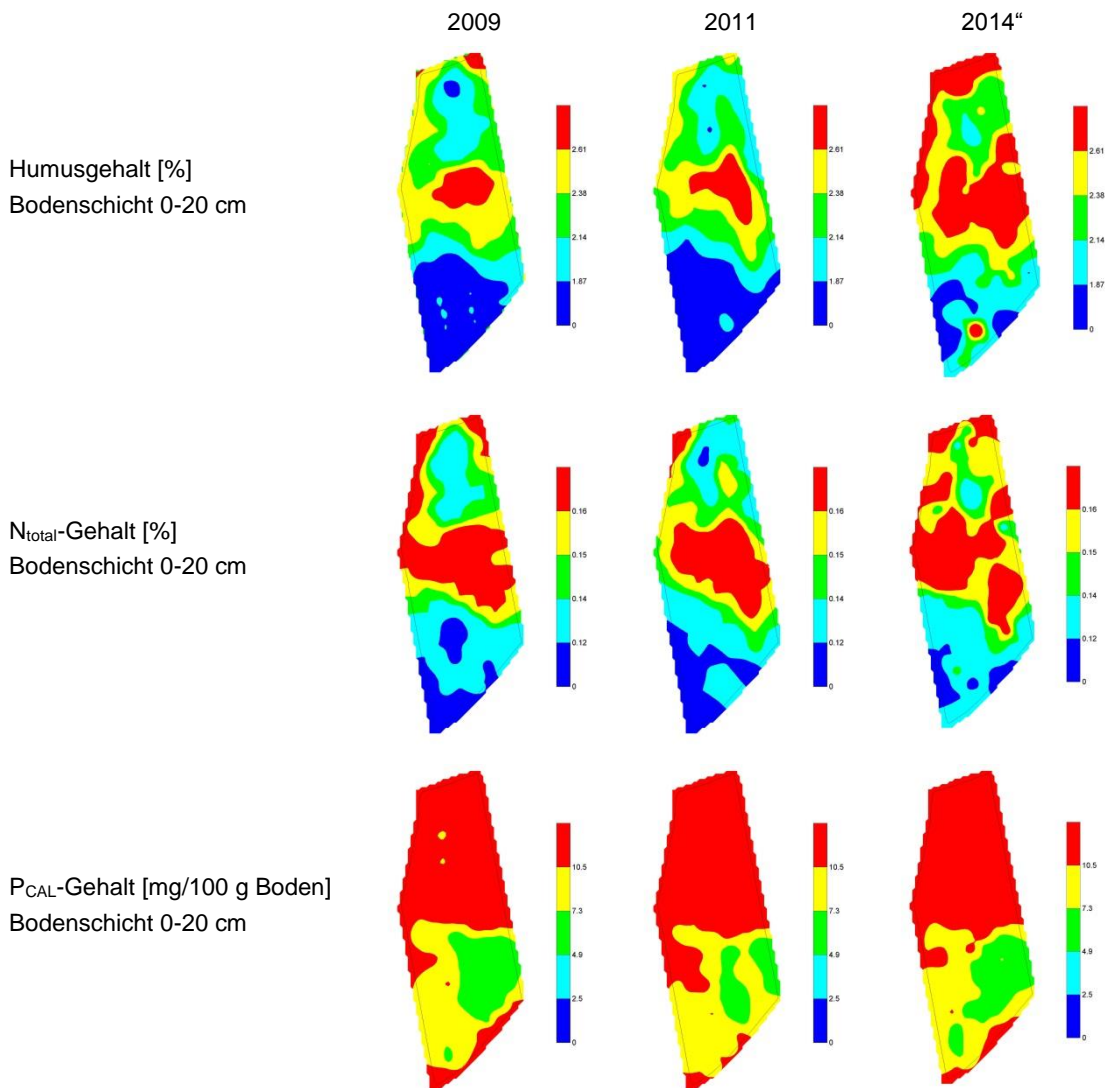


Abbildung 66: Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung, Schlag 121.21

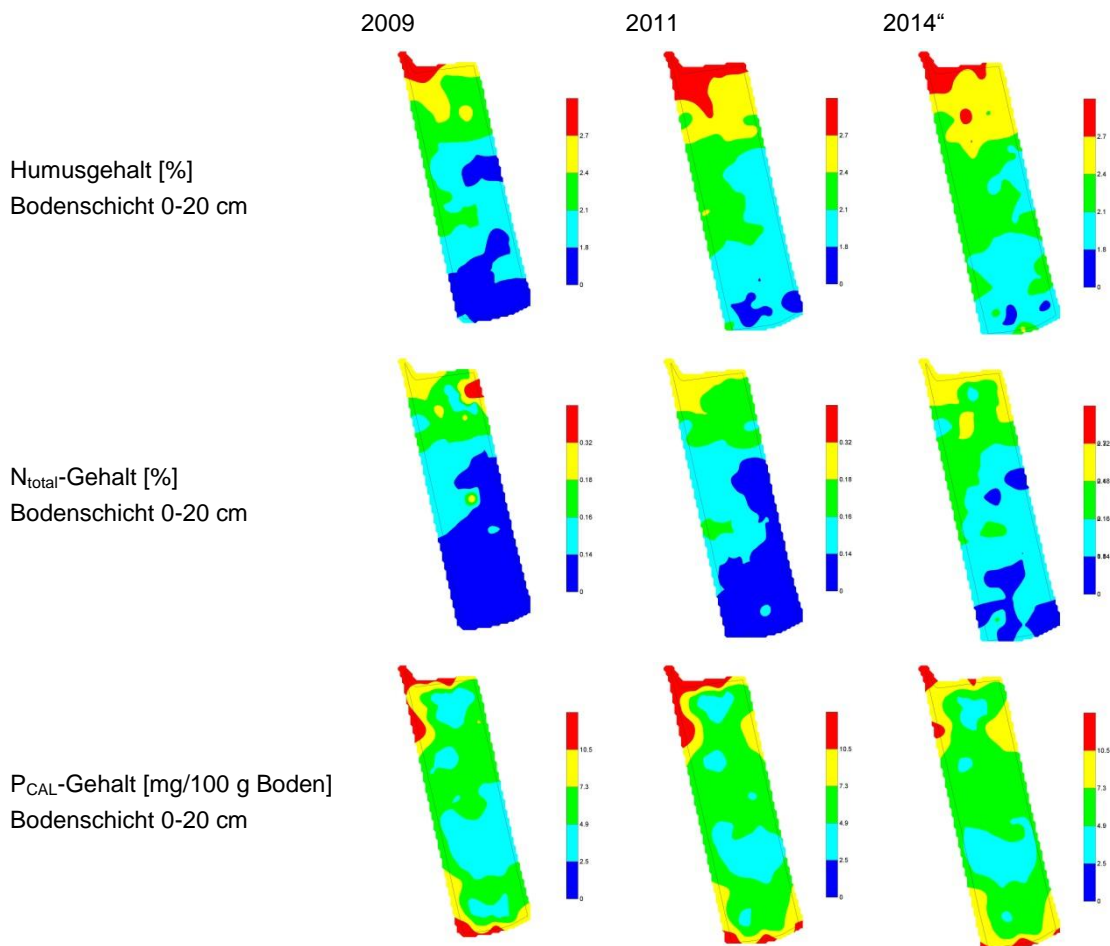


Abbildung 67: Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung, Schlag 121.4

Für den Schlag 123.23 konnten keine Trendaussagen formuliert werden, weil hier die betriebsnotwendigen Flüssigmistapplikationen das Bodenuntersuchungsergebnis bestimmten (siehe Abbildung 68).

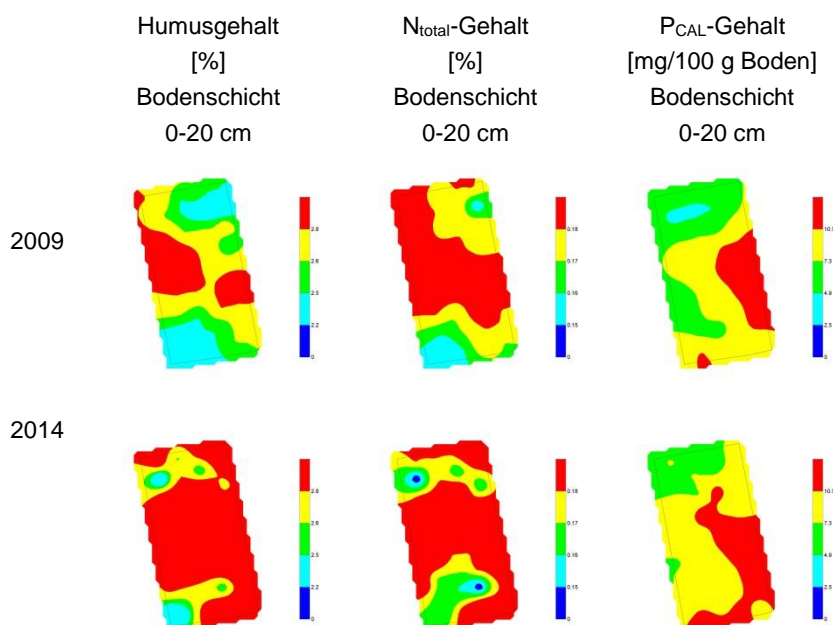


Abbildung 68: Ausgewählte Ergebnisse der Bodenuntersuchung, Schlag 123.23

3.2.6 Ausgewählte Ergebnisse der geophysikalischen Messverfahren

Wie im vorangegangenen Kapitel werden hier Ergebnisse geophysikalischer Messverfahren auf den Schlägen 121.21 und 121.4 vorgestellt, weil dort Effekte an Pflanzen festgestellt wurden, die auf Kompost bzw. Bodenverbesserungsmittel zurückzuführen waren.

Die Korrelationsmatrix der Tabelle 38 basiert auf 3.874 interpolierten Einzelwerten des jeweiligen Prüfmerkmals für den Schlag 121.21 im Jahr 2013. Im Jahr 2013 wurde auf dem Schlag 121.21 Winterweizen geerntet. Es gab eine enge Korrelation zwischen den Werten der „EM38“-Messung und dem Humusgehalt der oberen Bodenschicht sowie zwischen dem Humus- und Stickstoffgehalt der oberen Bodenschicht. Zum Zeitpunkt der zweiten Stickstoffgabe zu Winterweizen war 2013 ausreichend Bodenwasser vorhanden, was zum Zeitpunkt der dritten N-Gabe nicht mehr so ausgeprägt der Fall war, wie es der gesunkene Korrelationskoeffizient der „EM38“-Zeile zum Zeitpunkt der dritten N-Gabe in der Tabelle 38 zeigt. Auffällig war auch in der „EM38“-Zeile die Korrelation des Weizenkornenertrags mit den „EM38“-Messungen, also indirekt mit dem Ton- und Bodenfeuchtegehalt. Die Gammastrahlenmessung mit dem „Geophilus electricus“ korrelierte mit dem Humus- und Stickstoffgehalt der oberen Bodenschicht, wie es ergänzend die Abbildung 69 verdeutlicht. Die Korrelation der Gammastrahlenmessung des „Geophilus electricus“ mit den Werten der Biomasseindexmessung vom „YARA N-Sensor® ALS“ stieg zum Zeitpunkt der dritten N-Gabe an, also der Korrelation der Biomasseindexmessung mit den Werten der „EM38“-Messung entgegengesetzt.

Tabelle 38: Korrelationsmatrix vom Schlag 121.21, 2013

Korrelationsmatrix	Bodenuntersuchung			Biomasseindex		Weizen- kornertag	„Geophilus electri- cus“-Messung	
	Humus	N _{total}	P _{CAL}	3. Mai 2013	16. Juni 2013	16.Aug. 2013	Gamma- strahlung	elektr. Widerstand bis 25 cm
„EM38“-Messung	0,96	0,59	0,38	0,61	0,27	0,62	-0,50	-0,49
Bodenuntersuchung	Humus	0,96	0,59	0,12	0,61	0,27	0,62	-0,50
	N _{total}		0,52	0,14	0,62	0,26	0,65	-0,49
	P _{CAL}			-0,25	0,15	-0,15	-0,06	-0,44
Biomasseindex	3. Mai 2013				0,43	0,01	0,39	-0,15
	16. Juni 2013					0,38	0,57	-0,34
Weizenkornertag	16.Aug. 2013						0,31	0,15
„Geophilus electri- cus“-Messung	Gammastrahlung							-0,36

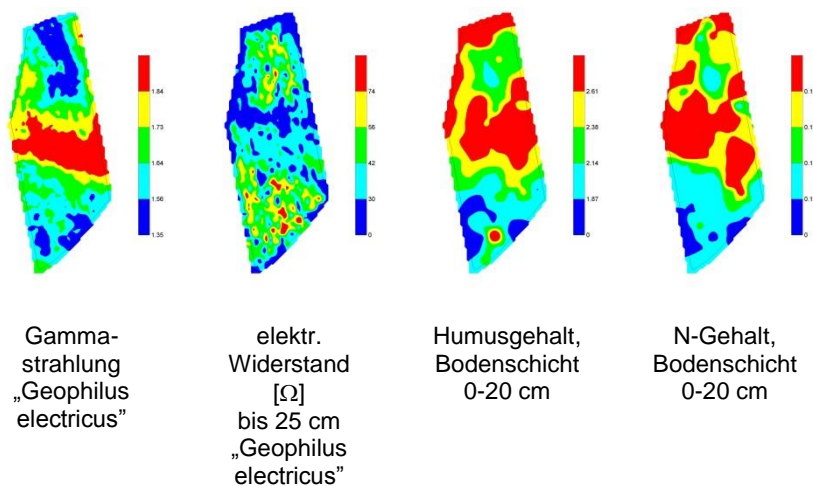


Abbildung 69: „Geophilus electricus“-Messungen sowie Humus- und N-Gehalte des Bodens, Schlag 121.21

Auf dem Schlag 121.4 stand im Jahr 2013 ebenfalls Winterweizen. Die Korrelationsmatrix in der Tabelle 39 basiert auf 4.601 interpolierten Einzelwerten des jeweiligen Prüfmerkmals. Auch auf diesem Schlag gab es eine sehr hohe Korrelation zwischen den Werten der „EM38“-Messung und dem Humusgehalt (Bodenschicht 0–20 cm) sowie zwischen dem Humus- und Stickstoffgehalt in der oberen Bodenschicht (siehe auch Abbildung 70). Der Korrelationskoeffizient zwischen „EM-38“-Messung und Biomasseindexwert vom „YARA N-Sensor® ALS“ war hier zum Zeitpunkt der dritten Stickstoffgabe höher als zur zweiten N-Gabe. Es gab, wie auf dem Schlag 121.21, eine engere Korrelation zwischen dem Biomasseindexwert zum Zeitpunkt der dritten N-Gabe und der Gammastrahlenmessung mit dem „Geophilus electricus“. Die elektrischen Widerstände bis 50 cm und bis 75 cm standen ebenfalls in enger Beziehung zueinander.

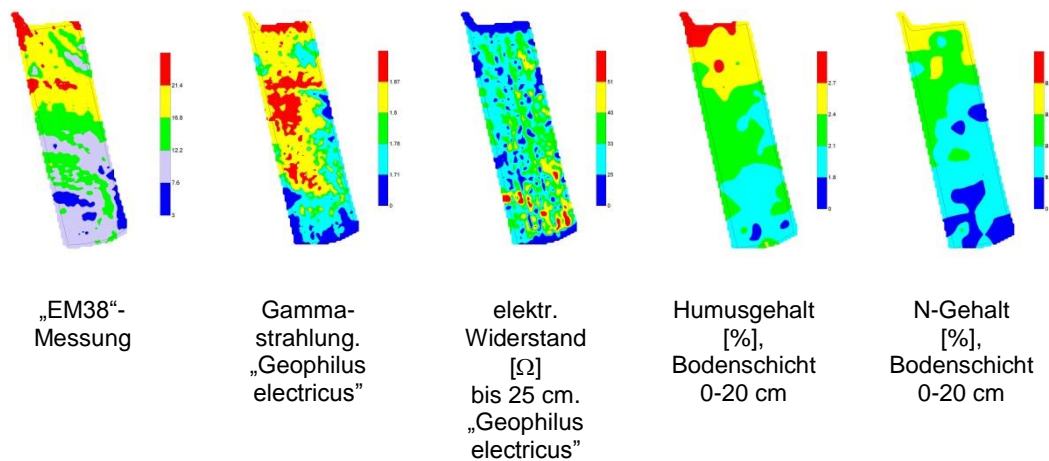


Abbildung 70: Geophysikalische Messungen sowie Humus- und N-Gehalte des Bodens, Schlag 121.4

Anhand der zwei vorgestellten Schläge 121.21 und 121.4 konnte gezeigt werden, dass mit den Messwerten des „EM38“ und des „Geophilus electricus“ sowohl enge Korrelationen zu den Merkmalen der Bodenuntersuchung (Humus- und Stickstoffgehalt des Oberbodens) als auch zu pflanzenbezogenen Merkmalen (Biomasseindex, Kornertrag) bestehen.

4 Fazit

Ergebnisse der Mitscherlich-Gefäßversuche mit Bodenverbesserungsmitteln in Nossen

Beim im Jahr 2013 durchgeführten Mitscherlich-Gefäßversuch mit Hafer hob sich ertragsseitig das mineralisch gedüngte Prüfglied mit beigegebenen *Bacillus subtilis* und Bodenpilzen von den anderen Prüfgliedern signifikant ab. Dieses Resultat wurde kritisch bewertet, weil die alleinig applizierten Präparate mit *Bacillus subtilis* oder Bodenpilzen keine Wirkung auf den Pflanzenertrag hatten. Die 2014 im Mais-Mitscherlich-Gefäßversuch applizierten Handelspräparate mit *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus megaterium* und *Frateuria aurantia* und Bodenpilzen wirkten nicht ertragsbeeinflussend. Die Saatgutbehandlung mit *Azoarcus*, in Kombination mit einer 100%-igen Düngung, bewirkte 2014 im Mitscherlich-Gefäßversuch mit Sommerweizen eine nachgewiesene Kornertragssteigerung. Die nachfolgende Applikation eines *Azotobacter*-Präparates hatte in diesem Mitscherlich-Gefäßversuch keinen Einfluss auf den Pflanzenertrag.

Ergebnisse der Kompostierung im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

Das verwendete Additiv zur Kompostierung erhöhte die Temperatur in der thermophilen und der mesophilen Phase der Kompostierung. Der Kompost mit Additiv hatte einen höheren Sauerstoffgehalt und ein verbessertes Wasserhaltevermögen. Die Gabe des Additivs zum Kompostmietenaufbau trug zur Erhöhung des Stickstoffgehaltes im Endprodukt bei. Wurde das Additiv bereits im Stall auf den Dung gestreut, dann bewirkte dies ein technologisch leichteres Wenden der Kompostmiete, aber einen geringeren N-Gehalt im fertigen Kompost.

Ergebnisse der Demonstrationen mit Komposten und Bodenverbesserungsmitteln im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

Im Projektzeitraum schwankten die Erträge der verwendeten Fruchtarten sehr stark in Abhängigkeit vom Jahreseinfluss. Als zweiter dominierender Einflussfaktor auf den Ertrag der Fruchtarten sind die ausgeprägten Bodenunterschiede der landwirtschaftlichen Nutzfläche des LVG Köllitsch zu benennen. Die mineralische N-Düngung folgte als dritter hauptsächlich, ertragsbeeinflussender Faktor, wie es mit zwei Versuchen in der Fruchtfolge mit nichtwendender Bodenbearbeitung deutlich gezeigt werden konnte. Unter diesen Rahmenbedingungen war es entsprechend schwierig, Effekte von Bodenverbesserungsmitteln auf die angebauten Kulturpflanzen nachzuweisen.

Mit der Demonstration der teilschlagbezogenen Kompostanwendung auf zwei Schlägen des LVG Köllitsch wurden positive Effekte auf den wachsenden Pflanzenbestand und die Erntemasse erreicht. Zeitlich begrenzt konnten die Pflanzenbestände Vorsommertrockenperioden bei einer vorangegangenen Kompostgabe besser überbrücken.

Bei den Demonstrationen mit alleinig applizierten Handelsprodukten, die Huminsäuren, Bodenpilze, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* und *Frateuria aurantia* enthielten, wurden keine nachweisbaren positiven Effekte an den Kulturpflanzen beobachtet oder gemessen. Dies traf auch für die im LVG Köllitsch durchgeführten Versuche mit den Produkten „Mykonor Bio.Schutz“, „Mykonor Bio-NPK“ und „BlackJak® SC“ zu. Bei Wintergetreide war die Applikation von 200 kg „Quaterna® Terra“ pro Hektar zu BBCH 30 meist zur Ertragsförderung ausreichend. Dieser Effekt wurde in der Fruchtfolge mit Pflugeinsatz und auch in der Fruchtfolge mit nicht wendender Bodenbearbeitung festgestellt. Aus den Versuchen mit „AKRA Azoarcus“ und „AKRA Azotobacter“ sind keine Ableitungen auf die alleinige Wirkung von *Azoarcus* und *Azotobacter* möglich, weil mit den ausgebrachten Begleitprodukten weitere Pflanzennährstoffe gegeben wurden. Mit einem mehrjährigen Versuch konnte die nachhaltig positive Wirkung der Kombination von im Landwirtschaftsbetrieb hergestellten Kompost mit „Quaterna® Terra“ auf die Pflanzenentwicklung und deren Ertrag gezeigt werden. Dieses Ergebnis traf für alle drei Bewirtschaftungszonen der Versuchsfläche zu und besonders für die Bewirtschaftungszone mit dem geringsten bodenbedingten Ertragspotenzial.

Tendenziell ließ die Entwicklung der Humus- und Stickstoffgehalte der oberen Bodenschicht im Untersuchungszeitraum auf einen Einsatz von Kompost und Bodenverbesserungsmitteln schließen. Für gesicherte Aussagen ist hier ein längerer Beobachtungszeitraum erforderlich. Im Untersuchungszeitraum gab es in den Versuchen keine eindeutige Abgrenzung der Bodenuntersuchungswerte von Prüfglied-Langparzellen gegenüber den benachbarten Standard-Langparzellen.

Die Messwerte des „EM38“ und die Gammastrahlenmessung des „Geophilus electricus“ korrelierten mit dem Humusgehalt der oberen Bodenschicht. Der Humusgehalt der oberen Bodenschicht stand mit dem Stickstoffgehalt der oberen Bodenschicht in enger Beziehung. Die Korrelation der Gammastrahlenmessung mit dem Biomasseindexwert vom „YARA N-Sensor® ALS“ stieg bis zum Zeitpunkt der dritten Stickstoffgabe zu Winterweizen an, also der Korrelation des Biomasseindex mit den Werten der „EM38“-Messung entgegengesetzt. Aus beiden geophysikalischen Messverfahren ließen sich Schlüsse hinsichtlich der Wasserversorgung der Pflanzenbestände ableiten.

Empfehlungen

Aus den durchgeführten Mitscherlich-Gefäßversuchen in Nossen sowie den Demonstrationen und Versuchen im Lehr und Versuchsgut Köllitsch wurden nachfolgende Empfehlungen abgeleitet:

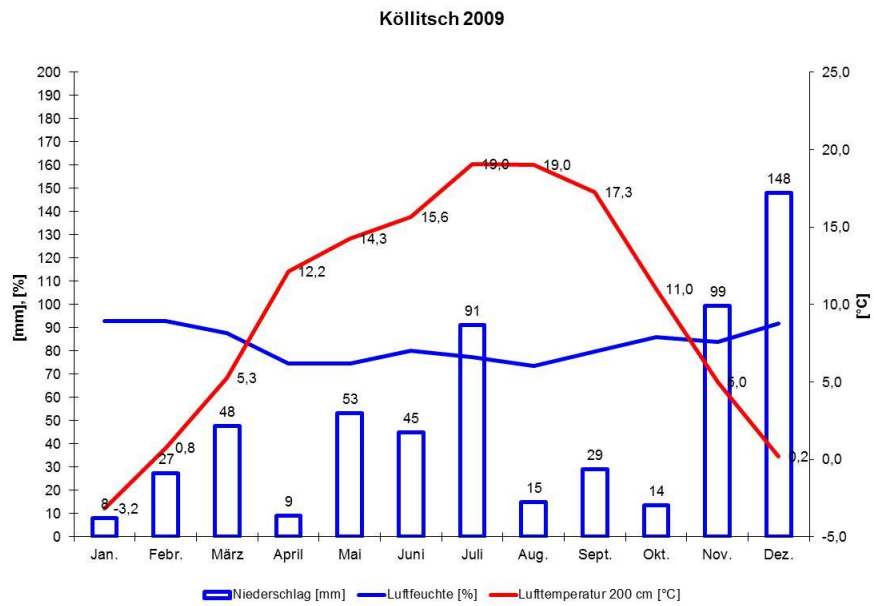
- Vor ihrem Einsatz im Pflanzenbau sollte die Wirkung von Bodenbakterien und Bodenpilzen auf die pflanzliche Entwicklung und deren Ertrag anhand der ortsspezifischen Bedingungen des Landwirtschaftsbetriebes getestet werden.
- Die teilschlagbezogene organische Düngung mit kompostiertem Dung, hergestellt im Landwirtschaftsbetrieb, unterstützt zeitlich begrenzt die Pflanzen bei der Überbrückung von Vorsommertrockenheit.
- Unter vergleichbaren pflanzenbaulichen Rahmenbedingungen sind im Sinne der Stabilisierung der Pflanzenerträge
 - die Ausbringung der Kombination von kompostiertem Dung mit „Quaterna® Terra“ (im Rahmen der Fruchtfolge) und
 - die „Quaterna® Terra“-Applikation zu BBCH 30 des Wintergetreideszu empfehlen.

Literaturverzeichnis

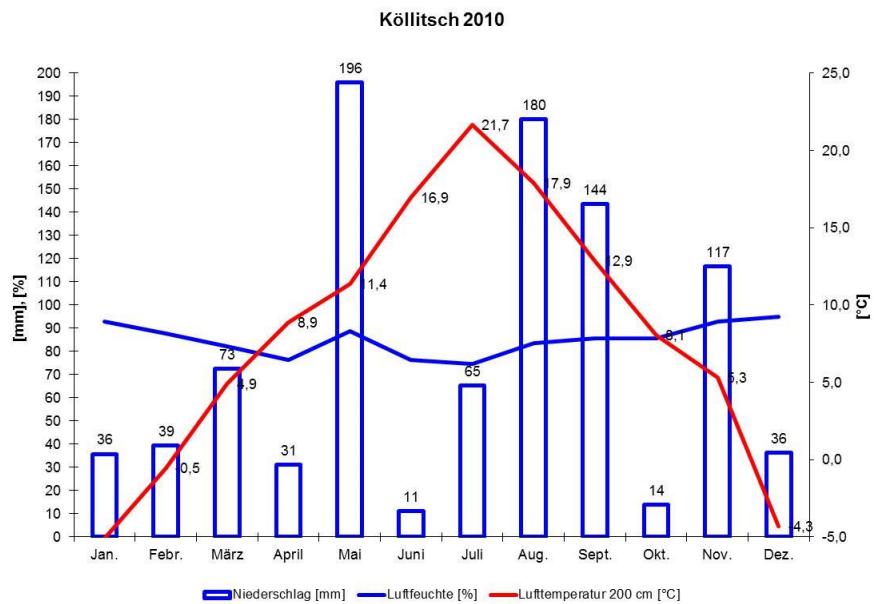
- BREITENBACH, E. (1998): Phytosanitäre Qualitätsbeurteilung von gewerblich hergestellten Komposten anhand ihres Pilzspektrums; Dissertation, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Mikrobiologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin
- GRABO, A. & PÖßNECK, J. (2007): Präzisere Bedarfsermittlung. GPS-gestützte Grundbodenuntersuchung ist dem konventionellem Verfahren überlegen; Neue Landwirtschaft, Heft 8, Jahrgang 2007, Seite 44-47
- PONITKA, J. & PÖßNECK, J. (2009): Entwicklung und Erprobung von Algorithmen zur teilschlagspezifischen Düngung (NPK) und des Einsatzes von Fungiziden und Wachstumsreglern; Dresden, Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Heft 6/2009 „Precision Farming-Anwendungen“; <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15130>
- RECKLEBEN, Y. & LAMP, J. (2006): Einsatz von Techniken des Präzisen Landbaus für ein verbessertes Stickstoff-Management in gefährdeten Gebieten Schleswig-Holsteins; F&E&T-Verbundprojekt, MLUR-Endbericht, 15. Dezember 2006
- RÜTHER, H. (1952): Die Feldversuchstechnik. Eine Zusammenfassung von praktischen Erfahrungen., Deutscher Bauernverlag, Berlin, 1. Auflage, 1952
- Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV): Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2007, Teil 1, Nr. 7

Anlagen

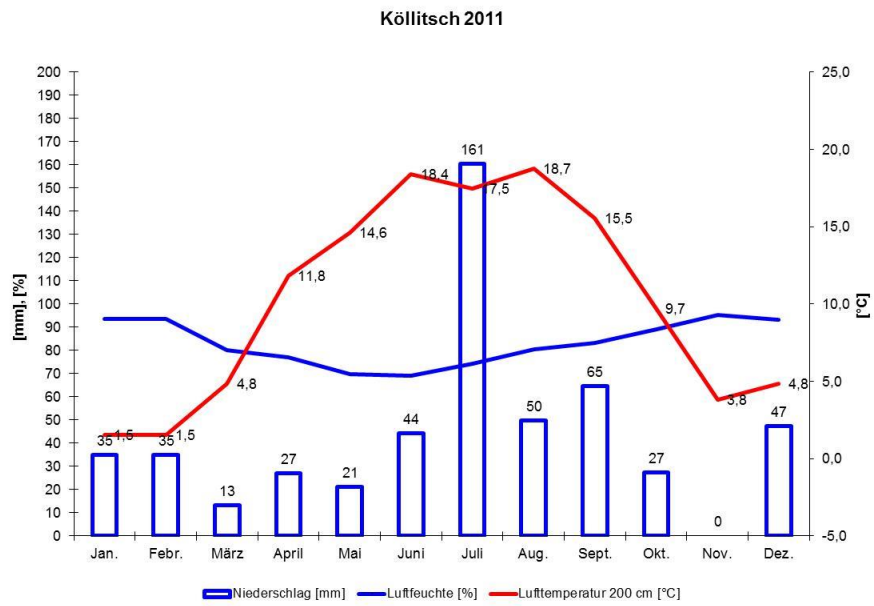
Anlage 1: Witterungsverlauf in Köllitsch im Jahr 2009



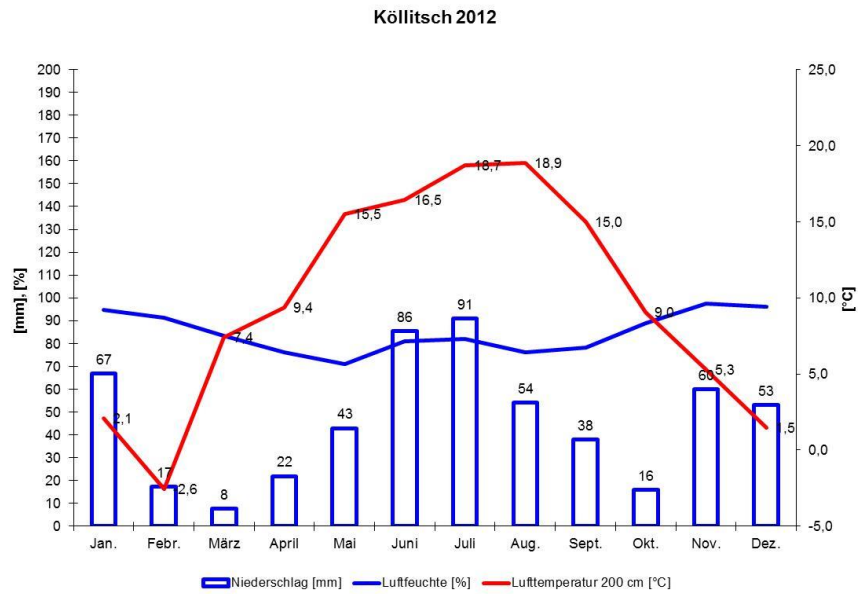
Anlage 2: Witterungsverlauf in Köllitsch im Jahr 2010



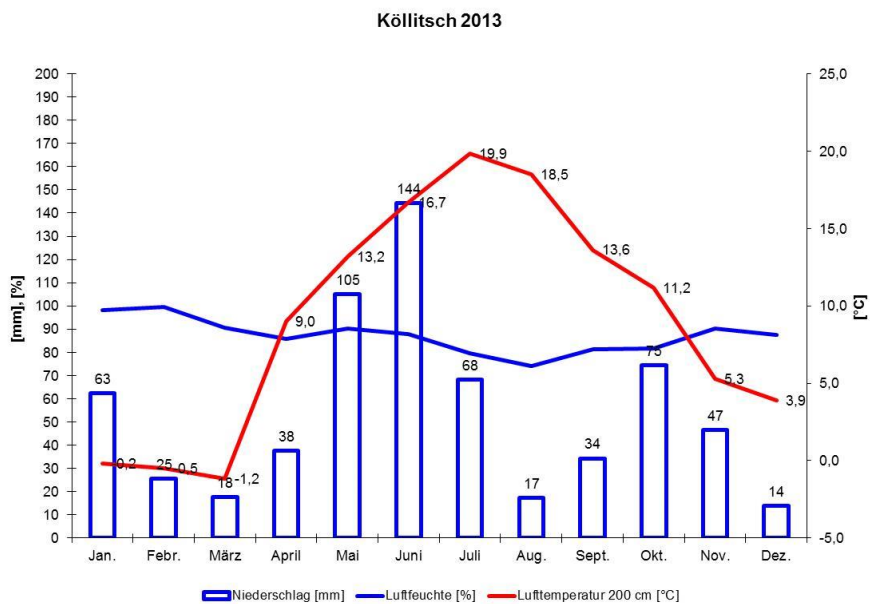
Anlage 3: Witterungsverlauf in Köllitsch im Jahr 2011



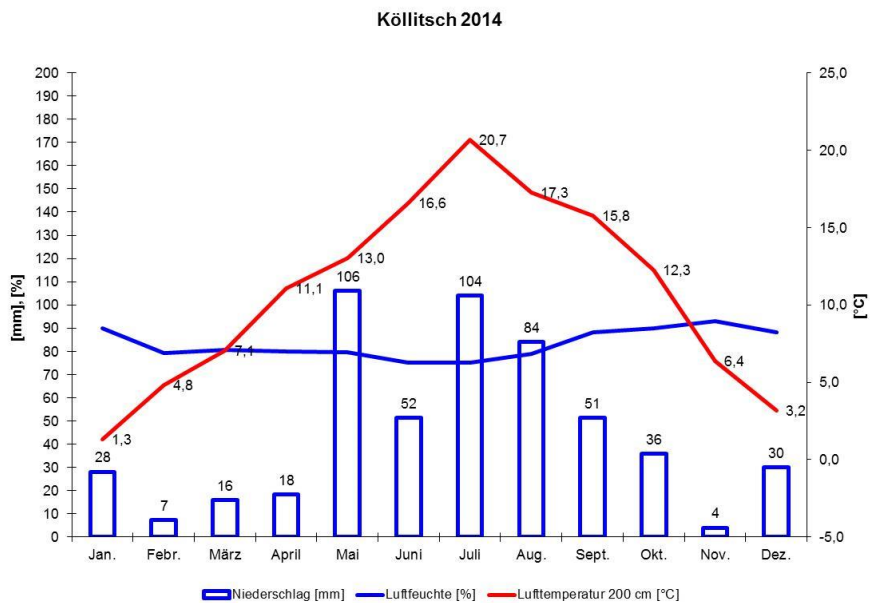
Anlage 4: Witterungsverlauf in Köllitsch im Jahr 2012



Anlage 5: Witterungsverlauf in Köllitsch 2013



Anlage 6: Witterungsverlauf in Köllitsch im Jahr 2014



Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:

Jörg Pößneck
Abteilung Landwirtschaft/Referat Pflanzenbau
Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen
Telefon: +49 35242 631-7206
Telefax: +49 35242 631-7299
E-Mail: joerg.poessneck@smul.sachsen.de

Redaktion:

s. Autor

Fotos:

Jörg Pößneck, Heike Weiß (Abb. 29)

Redaktionsschluss:

31.03.2015

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.