

# BIODYNAMISCHE PRÄPARATE VERBESSERN DIE BODENSTRUKTUR

HORNMIST UND HORNKIESEL WIRKEN SIGNIFIKANT IN WEINBERGSBÖDEN



AUTORENTEAM:

JÜRGEN FRITZ, FINJA LAUER,  
ANETTE WILKENING

Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer  
Land- und Pflanzenbau  
j.fritz@uni-kassel.de

PIERRE MASSON †

BioDynamie Services, Les Crêts, Chateau, France



*„Die Resultate stützen die Hypothese, dass die mikrobielle Gemeinschaft eine Rolle bei den Effekten von Hornmist- und Honkieselpräparaten spielt.“*

Bei der Weinherstellung spielen der Boden sowie das Klima eine Schlüsselrolle für das Terroir und können die Qualität des Weins beeinflussen. Bodenstrukturprobleme haben negative Auswirkungen auf die Traubenqualität und die Erträge im Weinbau. Eines der Hauptziele der ökologischen Landwirtschaft ist es, die biologischen Interaktionen im Boden zu erhöhen, um seine physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften zu verbessern. Der Boden und insbesondere die mikrobielle Bodengemeinschaft wurden als wichtiger Bestandteil des Terroirs identifiziert und tragen wesentlich zur Qualität des Weins und seiner Einzigartigkeit bei.

10 % der weltweiten ökologischen Weinbaufläche werden derzeit biodynamisch bewirtschaftet. Eines der Merkmale der biodynamischen Landwirtschaftssysteme ist die Verwendung spezieller Präparate als Zusatz zum Kompost und zum Besprühen der Felder. Die beiden wichtigsten Präparate sind Hornmist und Hornkiesel, die auf dem Feld ausgebracht werden. Die Anwendungsmengen sind niedrig. Es werden pro Behandlung 100 g/ha fermentierter Hornmist und 4 g/ha gemahlenes Quarzmehl verwendet. Die Präparate werden vor der Anwendung eine Stunde lang in Wasser gerührt. Ähnliche Wirkungen wie Auxin auf Pflanzen wurden in Studien mit Hornmist von Radha und Rao (2014) und Giannattasio et al. (2013) gefunden. Der Einsatz und die Wirksamkeit dieser Präparate sind ein kontroverses Thema, wie Faust et al. (2017) und Juknevičienė et al. (2019) diskutieren.

In einem Langzeitversuch in Geisenheim, Deutschland wurden die Parameter Wachstum, Pflanzengesundheit und Ertrag bei den drei Anbaumethoden integriert, biologisch und biodynamisch im Weinbau untersucht (Meissner et al. 2019). In dieser Studie unterschieden sich die biodynamischen und biologischen Behandlungen nur in der Anwendung der biodynamischen Präparate. Mit den bildschaffenden Methoden konnten die Traubensaftproben aus den integrierten, biologischen und biodynamischen Anbaumethoden über die fünf untersuchten Anbaujahre hinweg differenziert und klassifiziert werden (Fritz et al. 2017, 2021a). Kokornaczyk et al. (2014) konnten biologische und biodynamische Weine mithilfe

der Methode der Tröpfchenverdunstung unterscheiden. Laut Guzzon et al. (2016) hatte biodynamischer Weinbau in Jahren mit schwierigen klimatischen Bedingungen einen positiven Einfluss auf die Entwicklung der Mikrobiota in den Trauben im Vergleich zu konventionellen Produktionssystemen. Bei Patrignani et al. (2017) unterschieden sich die Hefemikrobiota zwischen biologisch und biodynamisch erzeugten Sangiovese-Rotweinen nicht. Die bakterielle Vielfalt und Zusammensetzung des Bodens im Weinberg waren bei Burns et al. (2016) zwischen biodynamischen und biologischen Systemen unterschiedlich.

In Studien zu den chemischen Eigenschaften von Wein konnten Parpinello et al. (2015), Laghi et al. (2014) und Picone et al. (2016) Wein aus biologischem und biodynamischem Anbau hinsichtlich der chemischen Substanzen unterscheiden. Bei der sensorischen Bewertung von Wein konnten Ross et al. (2009) ebenfalls zwischen biologischem und biodynamischem Wein unterscheiden, während Meissner (2015) nur teilweise zwischen Weinen aus den verschiedenen Systemen unterscheiden konnte und Parpinello et al. (2015) angaben, dass die Weine nicht unterschieden werden konnten.

Da es schwieriger ist, ein randomisiertes Arrangement in steilen Weinbergen anzuwenden als auf ebenen Flächen (Reeve et al. 2005), werden „on-farm“-Methoden in im Weinbau häufig angewendet. In der vorliegenden Studie wurde ein „on-farm“-Ansatz für Weinberge in Hanglagen verwendet, um die Auswirkungen der Anwendung der biodynamischen Präparate Hornmist und Hornkiesel auf die Bodenstruktur bei biologischer Bewirtschaftung zu untersuchen. In dieser Studie wurde eine visuelle Bewertung der Bodenstruktur (VESS) unter Verwendung der Spatendiagnosemethode durchgeführt.

>>>

TAB. 1: INFORMATIONEN ZU DEN DREI UNTERSUCHUNGSSTANDORTEN

	A: Vinzelles	B: Bray	C: Bouzeron	
Höhe über Meer (m)	257	265	299	<i>Im Juli 2016 wurden die Bodenproben von den BD+ und BD- Behandlung genommen, in Abständen von 5,1 m zwischen jedem Behandlungspaar.</i>
Hangneigung (%)	11	11	11 - 19	
Ausrichtung Hang	Ost	West	Ostsüdost	
Niederschlag (mm)	773	786	805	
Jahrestemperatur (°C)	10,7	10,6	10,4	
Ton (%)	34	34	24	
Schluff (%)	52	52	52	
Sand (%)	14	14	24	
Gestein	Kalkstein und Mergel	Kalkstein und Mergel	Kalkstein und Mergel	
Bodenart (FAO-WRB)	Cambic Leptosol	Cambic Leptosol	Calcaric Leptosol	
Weinberg seit	A1: 1976 A2: 1951	2013	C1: 1977 C2: 1999	
Traubensorte	Chardonnay	Chardonnay	Aligoté doré	<i>An den fünf Standorten wurden jeweils sechs Bodenprobenpaare (0 - 10 cm Tiefe) entnommen</i> <small>Mehr Informationen siehe Fritz et al. 2021b</small>
BD Präparate seit	2001	2013	2015	
BD Präparate/Jahr	2 × 500P + 501	2 × 500P + 3 - 5 × 501	2 × 500P + 501	
BD Anwendung/Jahr	40 l / ha	30 - 35 l / ha	35 l / ha	
Zusätzliche Präparate/Jahr	Equisetum arvense L.	Nein	Valeriana officinalis L.	
Bodenbearbeitung in der Reihe/Jahr	1 × Hacken 4 × Scheibenschneiden	Hacken	2 × Unterschneiden	
Pflanzenbedeckung zwischen d. Reihen	Untersaat > 70%	< 10%	< 10%	

Niederschlag und Temperatur im Jahresdurchschnitt. Zum Einsatz kam mit biodynamischen Kompostpräparaten nachpräparierter Hornmist (Verfahren nach A. Podolinsky.n) = 500P

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden wichtige Grundlagenarbeiten zur Entwicklung einer standardisierbaren visuellen Bewertung der Bodenstruktur mit der Spatendiagnose unternommen (Beste 2003; Ball et al. 2017). Da VESS eine qualitative oder semi-quantitative Methode ist, wurde als zusätzlicher Test auch Aggregatstabilität durch Nasssiebung bewertet und der Stabilitätsindex für den mittleren Gewichtsduchmesser (MWD) nach Angers et al (2006) berechnet. Aufgrund des hohen Steingehalts der Böden war es nicht möglich, wie ursprünglich geplant, ungestörte Bodenproben zur Messung des Wasserrückhaltevermögens, der hydraulischen Leitfähigkeit und der Luftleitfähigkeit zu entnehmen. Dieselben Bodenproben, die in der vorliegenden Studie verwendet wurden, wurden zusätzlich auf ihre mikrobielle Biomasse und verschiedene Indizes der mikrobiellen Aktivität untersucht, nach Fritz et al. (2020). Die Ergebnisse legten nahe, dass die biodynamischen Präparate signifikante Auswirkungen auf die mikrobielle Gemeinschaft des Bodens haben, wie in Fritz et al. (2021b) beschrieben.

Die den vorliegenden Experimenten zugrunde liegende Hypothese war, dass die Anwendung von Hornkiesel und Hornmist die Bodenstruktur in den Weinbergen verbessert und die Stabilität der Aggregate erhöht.

## Untersuchungsstandorte und Probenahme

Die Bodenproben wurden in fünf Weinbergen an drei Standorten in Burgund zwischen den Regionen Mâcon (Saône et Loire) und Beaune (Côte d'Or) genommen. Jede der fünf Parzellen wurde in zwei Hälften geteilt und eine Hälfte jeder Weinbergparzelle wurde jährlich mit den biodynamischen Präparaten Hornmist und Hornkiesel (BD+ = 500P und 501; BioDynamie Services sarl Pierre et Vincent Masson, Frankreich) behandelt, während die andere Hälfte in den jeweiligen Zeiträumen keine BD-Präparate (=BD-) erhielt.

Die Weinberge A1 und A2, gehören zu einem Weinberg in der Ortschaft Vinzelles. Weinberg B befindet sich in der Nähe der Region Bray. Die Weinberge C1, C2 liegen bei Bouzeron auf Kalkstein. Weitere Informationen zu den Weinbergen sind bei Fritz et al. (2021b) und in Tabelle 1 dargestellt. Alle Standorte wurden nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet.

Im Juli 2016 wurden die Bodenproben von den BD+ und BD-Behandlung genommen, in Abständen von 5,1 m zwischen jedem Behandlungspaar. Die Probenahmepunkte waren gleichmäßig über den Hang der Weinberge verteilt. An den fünf Standorten wurden jeweils sechs Bodenprobenpaare (0-10 cm Tiefe) entnommen (mehr Informationen siehe Fritz et al. 2021b).

TAB. 2: ERGEBNISSE DER VISUELLEN BODENBEWERTUNG

Stand-orte	Farbwechsel Ober- zu Unterboden in cm Tiefe	Makro- und Bioporen in Bonitur-Werten 1 – 5	Fallprobe Oberboden in Bonitur-Werten 1 – 5	Fallprobe Unterboden in Bonitur-Werten 1 – 5	Farbe Oberboden in Bonitur-Werten 1 – 5	Farbe Unterboden in Bonitur-Werten 1 – 5
<b>A1</b>						
BD-	13,33	3,78	1,00	3,33	3,00	3,00
BD+	18,00	2,89	1,00	2,50	1,50	3,00
<b>A2</b>						
BD-	11,00	3,12	1,00	2,67	3,00	3,67
BD+	12,67	2,45	1,17	2,33	1,83	3,00
<b>B</b>						
BD-	20,00	2,89	1,67	2,00	2,50	3,00
BD+	20,67	3,11	1,00	1,33	1,83	3,00
<b>C2</b>						
BD-	10,00	3,34	1,50	2,50	2,83	3,00
BD+	12,33	3,34	1,17	1,83	2,00	3,00
<b>Mittel-werte</b>						
BD-	13,58*	3,28	1,29	2,62**	2,83***	3,17
BD+	15,92*	2,95	1,08	2,00**	1,79***	3,00

- Anwendung von biodynamischen Präparaten: mit (BD+) und ohne (BD-)
- Kategorien: 1 (beste ...) bis 5 (schlechteste Strukturen)
- Untersuchungsstandorte: A1, A2, B, C2
- Beschreibung der Parameter siehe Fritz et al. (2021b)

Sterne geben einen signifikanten Unterschied mit BD+ Behandlung an (\*: P < 0,05; \*\*: P < 0,01; \*\*\*: P < 0,001).

## Ergebnisse

Die Nasssiebung ergab eine signifikant niedrigere Aggregatstabilität für die Standorte A1, A2 und B im Vergleich zu den Standorten C1 und C2. Es gab keinen Unterschied in der Messung der Aggregatstabilität zwischen den Varianten BD- und BD+.

Bei der visuellen Bewertung der Bodenstruktur war der Farbwechsel zwischen Ober- und Unterboden bei BD+ signifikant 2,34 cm tiefer im Boden als bei BD-, wenn man die Werte aller Standorte betrachtet (Tabelle 2). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen BD- und BD+ bei den Makroporen/Bioporen, dem Falltest für Erde aus dem oberen Horizont oder der Farbe des Unterbodens. Bei der Fallprobe (Fallhöhe von 1 m der Spatenprobe) aus dem unteren Horizont und bei der Farbe der oberen Bodenschicht waren die Werte für BD+ jedoch an allen Standorten niedriger (ein niedriger Wert deutet bessere Bodenstruktur) als für BD-, und bei den Mittelwerten aller Standorte für diese Parameter waren die Unterschiede hoch signifikant (Tabelle 5 und Abbildung 1).

An drei von vier Standorten war die Durchwurzelung bei der Behandlung BD+ besser (niedrigere Punktzahlen) als bei BD- (Abbildung 2). Bei der Auswertung aller Standorte war der Unterschied zwischen den Behandlungen signifikant. Die Struktur der Oberfläche, des Oberbodens und des Unterbodens war mit der Behandlung BD+ an allen Standorten mit niedrigeren Werten besser als bei BD-. Bei der Auswertung der vier Standorte für diese Parameter waren die Unterschiede signifikant bis höchst signifikant (Abbildung 2 bis 5).

## Diskussion – Biodynamische Präparate

Die Anwendung der biodynamischen Präparate Hornmist (500P) und Hornkiesel (501) führte nicht zu signifikanten Unterschieden bei der Aggregatstabilität. Bei der visuellen Bodenbeurteilung gab es jedoch bei 7 von 10 Parametern signifikante Verbesserungen der Bodenstruktur durch die Anwendung der BD-Präparate (BD+) im Vergleich zu ohne Präparate (BD-). Bei der statistischen Auswertung waren die Unterschiede zwischen BD+ und BD- am deutlichsten bei der Bodenfarbe des oberen Horizonts und bei der Struktur des Ober- und Unterbodens (Tabelle 2, Abbildung 4 und 5).

Die Ergebnisse des Falltests für den Ober- und Unterboden zeigten ähnliche Trends wie die Ergebnisse für die Struktur des Ober- und Unterbodens in der Untersuchung (Tabelle 2, Abbildung 3 und 4). Guimarães et al. (2011) verglichen die normale Bewertung der Bodenstruktur mit der Bewertung nach dem Aufbrechen des Erdklumpens durch Falltests und berichteten, dass die normale Bewertung der Bodenstruktur oder die Bewertung des Bodens nach dem Fall ebenfalls das gleiche Ergebnis ergab. In der hier berichteten Studie führte die normale Bewertung der Bodenstruktur zu einer statistisch klareren Unterscheidung zwischen den Behandlungen BD- und BD+.

Unter Verwendung derselben Bodenproben wie in der vorliegenden Studie wurden auch andere Parameter untersucht. Die Ergebnisse wurden von Fritz et al. (2020) berichtet. Diese Ergebnisse zeigten, dass es für die Parameter Schüttdichte, Karbonat, Anteil

>>>

des organischen Kohlenstoffs im Boden (SOC), Gesamt-N, Boden-C/N, mikrobieller Kohlenstoff (MBC), mikrobieller Stickstoff (MBN), Ergosterol und CO<sub>2</sub> C (basale Atmungsrate) keine signifikanten Unterschiede zwischen BD- und BD+ gab. Allerdings wurden signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen BD+ und BD- bei Boden-pH, beim Verhältnis mikrobiellem Kohlenstoff zu mikrobiellem Stickstoff (MB-C/N), beim Verhältnis mikrobiellem Kohlenstoff zu organischem Kohlenstoff im Boden (MBC/SOC) und bei 16 von 18 Substraten bei der Untersuchung „Multi Substrat induced Respiration“ (dem Boden werden 18 verschiedene Substrate angeboten und es wird die jeweilige CO<sub>2</sub> Atmung gemessen) gefunden. Das sind Parametern, die Anzeiger sind für empfindliche und variable mikrobiologische Bodenprozesse. Auf der Grundlage der von Fritz et al. (2020) erzielten Ergebnisse wurde die Hypothese entwickelt, dass die Verwendung biodynamischer Präparate signifikante Auswirkungen auf die mikrobielle Gemeinschaft des Bodens hat.

Ein Langzeitexperiment in Darmstadt zeigte, dass der biodynamische Anbau im Vergleich zum biologischen Anbau (der einzige Unterschied bestand in der Verwendung biodynamischer Präparate) zu einer effizienteren Nutzung des organischen Kohlenstoffs im Boden durch Mikroben führte (Sradnick et al. 2013). Im langfristigen DOK-Experiment in der Schweiz führte ein biodynamisches Bewirtschaftungssystem (im Vergleich zu einem nicht-biodynamischen System, d. h. ein Systemvergleich, bei dem die Unterschiede zwischen den Systemen nicht nur in der Verwendung biodynamischer Präparate bestanden) zu einer besseren Nutzung des Kohlen-

stoffs durch die mikrobielle Biomasse, zu höherer biologischer Aktivität, höheren Werten an stabilerer organischer Substanz und höhere Werte an organischem Kohlenstoff im Boden und an mikrobiellen Kohlenstoff (Mäder et al. 2002; Fließbach et al. 2007; Birkhofer et al. 2008). Im selben DOK-Experiment in der Schweiz wurde auch gezeigt, dass das biodynamische System einen Einfluss auf die mikrobielle Gemeinschaft im Boden hat (Hartmann et al. 2015). Eine höhere biologische Aktivität im Boden als Reaktion auf die Anwendung von Hornmist und Hornkiesel wurde auch von Juknevičienė et al. (2019) und Vaitkevičienė et al. (2019) in dreijährigen Versuchen mit Kürbissen und Kartoffeln berichtet. Burns et al. (2016) berichteten außerdem, dass die bakterielle Vielfalt und Zusammensetzung im Boden von Weinbergen beim Vergleich von biodynamischen und biologischen Systemen unterschiedlich war (auch in einem Systemvergleichsversuch).

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verwendung von biodynamischen Präparaten eine ausgleichende Wirkung bei ungünstigen Wachstumsbedingungen hatte (Raupp und König 1996), die Aktivität der Mikroorganismen im Boden beeinflusste (Fritz et al. 2020), den Ertrag beeinflusste (Spiess 1978; Vaitkevičienė et al. 2019; Juknevičienė et al. 2019), den Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen (Juknevičienė et al. 2021) und die Keimung des Saatguts in der folgenden Generation bewirkte (Fritz und Köpke 2005). Diese Effekte sind Hinweise für eine bessere Selbstregulierung der Pflanzen in Form von einer erhöhten Resilienz (Schneider und Ullrich 1994; Döring et al. 2015b).

ABB. 1: SICHTBARE UNTERSCHIEDE DER VARIANTEN

PROBENPAAR 3 | STANDORT A1

Spatendiagnose



Falldiagnose



PROBENPAAR 9 | STANDORT B

Spatendiagnose



Falldiagnose



ABB. 2: BONITUR DURCHWUZELUNG

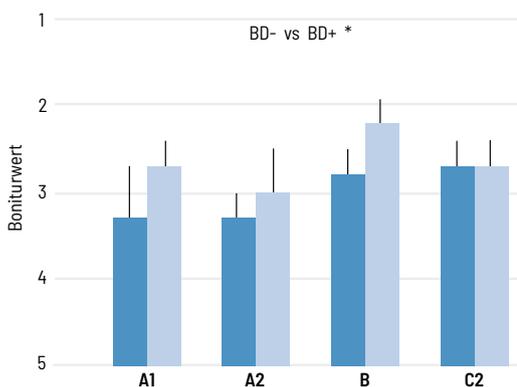
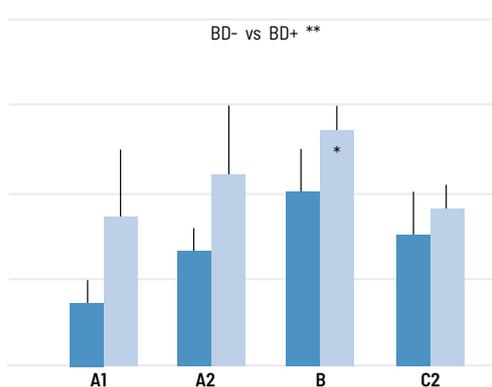


ABB. 3: BONITUR STRUKTUR OBERFLÄCHE



Struktur an vier Weinbau-standorten (A1;A2;B;C2) ohne (■ BD-) und mit Anwendung von biodynamischen Präparaten (■ BD+).

Die statistische Auswertung zwischen dem Mittelwert der vier Standorte ist in den Abbildungen mit BD- vs. BD+ (t-Test) gekennzeichnet.

ABB. 4: BONITUR STRUKTUR OBERBODEN

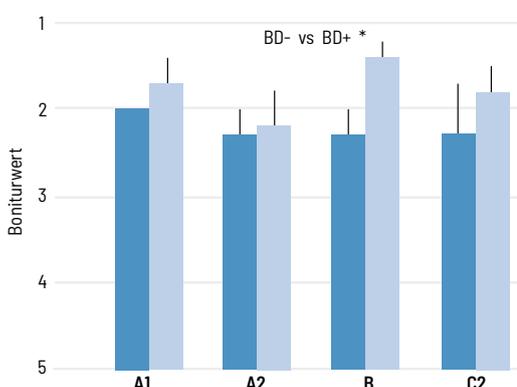
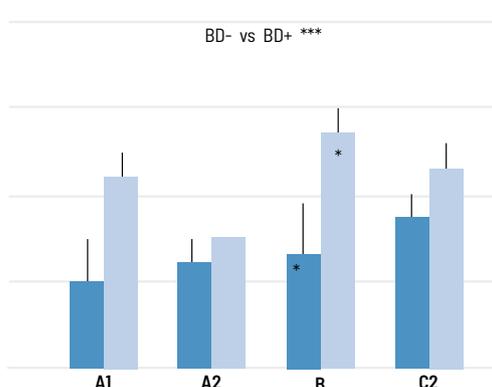


ABB. 5: BONITUR STRUKTUR UNTERBODEN



Sterne kennzeichnen signifikante Unterschiede durch BD+ Behandlungen (\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ ).

Boniturwerte von 1 bis 5 (1 = beste Struktur; 5 = schlechteste Struktur)

Die Striche an den Balken zeigen die Standardabweichung an.

## Hypothese zur Wirkungsweise von biodynamischen Präparaten

Die Anwendungsmengen der biodynamischen Präparate ist sehr niedrig (100 g/ha fermentierter Kuhdung und 4 g/ha Quarzmehl pro Behandlung für Hornmist bzw. Hornkiesel). Eine Nährstoffwirkung als Ursache für die in dieser Studie beobachtete Wirkung auf die Bodenstruktur kann deshalb ausgeschlossen werden. Als Erklärung für die Wirkung der biodynamischen Präparate gibt es verschiedene Modelle. Ein Erklärungsmodell ist, dass die Präparate die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden beeinflussen und eine regulierende Wirkung haben. Beispielsweise können Bakterien extrem niedrige Konzentrationen von Signalmolekülen wie Kohlenhydraten und Peptiden erkennen und darauf reagieren. Diese können bei der mikrobiell vermittelten langsamen Reifung unter Sauerstoffmangelbedingungen während der Herstellung der Präparate entstehen (Spaccini et al. 2012). Dies könnte zu einer erhöhten mikrobiellen Aktivität in der Rhizosphäre (Reeve et al. 2010; Giannattasio et al. 2013) oder zur Stimulierung der natürlichen Abwehrkräfte führen (Schneider und Ullrich 1994; Botelho et al. 2015).

Ortiz-Álvarez et al. (2020) stellten fest, dass Pilznetzwerke in Böden von biodynamisch bewirtschafteten Weinbergen enger vernetzt zusammenarbeiten (clustering), weniger autonome Gruppen in der Zusammenarbeit bildeten (modularität) und einen geringeren Anteil an gegenseitig negativen Interaktion (coexklusion) hatten, im Vergleich zu Böden von biologischen und konventionellen Weinbergen. Diese Merkmale biodynamischer Böden wurden als günstig für eine hohe suppressive Wirkung des Bodens gegen Krankheitserreger und für ein hohes Resilienzpotenzial des Bodens angesehen. Von Ortiz-Álvarez et al. (2020) wurde das wie folgt zusammengefasst: „Darauf aufbauend können wir die Hypothese aufstellen, dass Pilzgemeinschaften, die sich in kleinräumigen und kollaborative Netzwerke bilden, wie sie in biodynamisch bewirtschafteten Böden zu finden sind, widerstandsfähiger sind gegen die sich ständig ändernden Umweltbedingungen durch Klimawandel und Landnutzung“.

Ein weiteres ergänzendes Erklärungsmodell für die bakterielle Regulierung ist, dass die biodynamischen Präparate über hormonelle Effekte wirken. Beispielsweise wurden in Hornmistpräparaten

>>>

Bakterienstämme nachgewiesen, die Indoleessigsäure produzieren (Radha und Rao 2014), und es wurde auch berichtet, dass dieses Präparat nicht abgebaute Ligninreste enthält, die eine ähnliche Aktivität wie Indoleessigsäure haben (Spaccini et al. 2012). Giannattasio et al. (2013) fanden starke auxinähnliche Effekte in Hornmist und Fritz (2000) berichtete über gibberellinsäureähnliche Effekte von Hornkiesel. Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen BD+ und BD- bei den Ergebnissen der „Multi Substrat

induced Respiration“ Methode (siehe Text weiter oben; Fritz et al. 2020) unterstützten die Hypothese, dass die mikrobielle Gemeinschaft eine Rolle bei den Effekten von Hornmist- und Hornkieselpräparaten spielt. Veränderungen in der Aktivität der mikrobiellen Gemeinschaft könnten die Ursache für Veränderungen in der Bodenstruktur bei der BD+-Behandlung im Vergleich zur BD--Behandlung gewesen sein.\*

Literatur

Angers DA, Bullock MS, Mehuys GR. 2006. Aggregate Stability to Water. In Carter M, Gregorich E. 2007. Soil Sampling and Methods of Analysis, 2nd ed. Canadian Society of Soil Science: Taylor & Francis Inc.

Ball BC, Guimarães RML, Cloy JM, Hargreaves PR, Shepherd TG, McKenzie BM. 2017. Visual soil evaluation: A summary of some applications and potential developments for agriculture. Soil and Tillage Research. 173:114–124. doi:10.1016/j.still.2016.07.006.

Beste A. 2003. Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Bestimmung ökologisch wichtiger Gefügeeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden [Further development and testing of spade diagnosis as a field method for determining ecologically important structural properties of agricultural soils]. PhD Thesis, University Gießen, Germany

Birkhofer K, Bezemer TM, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois D, Ekelund F, Fließbach A, Gunst L, Hedlund K, et al. 2008. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. Soil Biology and Biochemistry. 40(9):2297–2308. doi:10.1016/j.soilbio.2008.05.007.

Botelho RV, Roberti R, Tessarin P, Garcia-Mina JM, Rombolà AD. 2016. Physiological responses of grapevines to biodynamic management. Renew. Agric. Food Syst. 3(15):402–413. doi:10.1017/S1742170515000320.

Burns KN, Bokulich NA, Cantu D, Greenhut RF, Kluepfel DA, O'Geen AT, Strauss SL, Steenwerth KL. 2016. Vineyard soil bacterial diversity and composition revealed by 16S rRNA genes: Differentiation by vineyard management. Soil Biol Biochem. 103:337–348.

Faust S, Heinze S, Ngosong C, Sradnick A, Oltmanns M, Raupp J, Geisseler D, Joergensen RG. 2017. Effect of biodynamic soil amendments on microbial communities in comparison with inorganic fertilization. Appl Soil Ecol. 114:82–89.

Fließbach A, Oberholzer H-R, Gunst L, Mäder P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems & Environment. 118(1–4):273–284. doi:10.1016/j.agee.2006.05.022.

Fritz J, Athmann M, Meissner G, Kauer R, Köpke U. 2017. Quality characterisation via image forming methods differentiates grape juice produced from integrated, organic or biodynamic vineyards in the first year after conversion. Biological Agriculture & Horticulture. 33(3):195–213. doi:10.1080/01448765.2017.1322003.

Fritz J, Jannoura R, Lauer F, Schenk J, Masson P, Joergensen RG. 2020. Functional microbial diversity responses to biodynamic management in Burgundian vineyard soils. Biological Agriculture & Horticulture. 1–15. doi:10.1080/01448765.2020.1762739.

Fritz J, Döring J, Athmann M, Meissner G, Kauer R, Schultz H.R. 2021a. Wine quality under integrated, organic and biodynamic management using image forming methods and sensory analysis. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. doi: 10.1186/s40538-021-00261-4

Fritz J, Lauer F, Wilkening A, Masson P, Peth S. 2021b. Aggregate stability and visual evaluation of soil structure in biodynamic cultivation of Burgundy vineyard soils. Biological Agriculture & Horticulture. doi:10.1080/01448765.2021.1929480.

Fritz J, Köpke U. 2005. Einfluss von Licht, Düngung und biologisch-dynamischem Spritzpräparat Hornkiesel bei Buschbohne (Phaseolus vulgaris L. var. Nanus) auf die Keimeigenschaften der neu gebildeten Samen [Influence of light, fertilization and bio-dynamic spray preparation horn silica in bush bean (Phaseolus vulgaris L. var. Nanus) on the germination properties of newly formed seeds]. Pflanzenbauwissenschaften. 9(2):55–60.

Fritz J. 2000. Reaktionen von Pflücksalat (Lactuca sativa L. var. crispata) und Buschbohnen (Phaseolus vulgaris L. var. nanus) auf das Spritzpräparat Hornkiesel [Reactions of picking salad (Lactuca sativa L. var. crispata) and bush beans (Phaseolus vulgaris L. var. nanus) to the spray preparation horn silica]. PhD Thesis, University Bonn, Germany

Giannattasio M, Vendramin E, Fornasier F, Alberghini S, Zanardo M, Stellan F, Concheri G, Stevanato P, Ertani A, Nardi S, Rizzi V, Piffanelli P, Spaccini R, Mazzei P, Piccolo A, Squartini A. 2013. Microbiological features and bioactivity of a fermented manure product (preparation 500) used in biodynamic agriculture. J Microbiol Biotechnol. 23:644–651.

Guimarães RML, Ball BC, Tormena CA. 2011. Improvements in the visual evaluation of soil structure. Soil Use & Management. no-no. doi:10.1111/j.1475-2743.2011.00354.x.

Guzzon R, Gugole S, Zanzotti R, Malacarne M, Larcher R, Wallbrunn C von, Mescalchin E. 2016. Evaluation of the oenological suitability of grapes grown using biodynamic agriculture: the case of a bad vintage. J Appl Microbiol. 120(2):355–365. eng. doi:10.1111/jam.13004.

Hartmann M, Frey B, Mayer J, Mäder P, Widmer F. 2015. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. ISME J. 9:1177–1194.

Juknevičienė E, Daniličenko H, Jarienė E, Fritz J. 2019. The effect of horn-manure preparation on enzymes activity and nutrient contents in soil as well as great pumpkin yield. Open Agriculture. 4(1):452–459. doi:10.1515/opag-2019-0044.

Juknevičienė E, Daniličenko H, Jarienė E, Živatkauskienė V, Zeise J, Fritz J. 2021. The effect of biodynamic preparations on growth and fruit quality of giant pumpkin (Cucurbita maxima D.). Chemical and Biological Technologies in Agriculture. doi: 10.1186/s40538-021-00258-z.

Kokornaczyk M, Parpinello GP, Versari A, Rombolà AD, Betti L. 2014. Qualitative discrimination between organic and biodynamic Sangiovese red wines for authenticity. Anal. Methods. 6(18):7484. doi:10.1039/C4AY00971A.

Laghi L, Versari A, Marcolini E, Parpinello GP. 2014. Metabonomic Investigation by IH-NMR to Discriminate between Red Wines from Organic and Biodynamic Grapes. FNS. 05(01):52–59. doi:10.4236/fns.2014.51007.

Mäder P, Fließbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science. 296(5573):1694–1697. eng. doi:10.1126/science.1071148.

Meissner G, Athmann ME, Fritz J, Kauer R, Stoll M, Schultz HR. 2019. Conversion to organic and biodynamic viticultural practices: impact on soil, grapevine development and grape quality. OENO One. 53(4). doi:10.20870/oenone.2019.53.4.2470.

Meissner G. 2015. Untersuchungen zu verschiedenen Bewirtschaftungssystemen im Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise und des Einsatzes der biologisch-dynamischen Präparate [Dissertation]. [place unknown]: Hochschule Geisenheim. ger.

Ortiz-Álvarez R, Ortega-Arriaza H, Ontiveros VJ, Ravarani C, Acedo A, Belda I. 2020. Emergent properties in microbiome networks reveal the anthropogenic disturbance of farming practices in vineyard soil fungal communities. bioRxiv preprint doi: https://doi.org/10.1101/2020.03.12.983650

Parpinello GP, Rombolà AD, Simoni M, Versari A. 2015. Chemical and sensory characterisation of Sangiovese red wines: Comparison between biodynamic and organic management. Food Chem. 167:145–152.

Patrignani F, Montanari C, Serrazanetti DI, Braschi G, Vernocchi P, Tabanelli G, Parpinello GP, Versari A, Gardini F, Lanciotti R. 2017. Characterisation of yeast microbiota, chemical and sensory properties of organic and biodynamic Sangiovese red wines. Ann Microbiol. 67(1):99–109. doi:10.1007/s13213-016-1241-3.

Picone G, Trimigno A, Tessarin P, Donnini S, Rombolà AD, Capozzi F. 2016. 1H NMR foodomics reveals that the biodynamic and the organic cultivation managements produce different grape berries (Vitis vinifera L. cv. Sangiovese). Food Chem. 213:187–195.

Radha TK, Rao DLN. 2014. Plant growth promoting bacteria from cow dung based biodynamic preparations. Indian J Microbiol. 54:413–418.

Raupp J, König UJ. 1996. Biodynamic Preparations Cause Opposite Yield Effects Depending Upon Yield Levels. BAH. 13:175–188.

Reeve JR, Carpenter-Boggs L, Reganold JP, York AL, McGourty G, McCloskey LP. 2005. Soil and winegrape quality in biodynamically and organically managed vineyards. Am J Enol Viticult. 56:367–376.

Ross CF, Weller KM, Blue RB, Reganold JP. 2009. Difference Testing of Merlot Produced from Biodynamically and Organically Grown Wine Grapes. Journal of Wine Research. 20(2):85–94. doi:10.1080/09571260903169423.

Schneider S, Ullrich WR. 1994. Differential induction of resistance and enhanced enzyme activities in cucumber and tobacco caused by treatment with various abiotic and biotic inducers. Physiological and Molecular Plant Pathology. 45(4):291–304. doi:10.1016/S0885-5765(05)80060-8

Spaccini R, Mazzei P, Squartini A, Giannattasio M, Piccolo A. 2012. Molecular properties of a fermented manure preparation used as field spray in biodynamic agriculture. Environ Sci Poll Res. 19:4214–4225.

Spieß H. 1978. Konventionelle und biologisch-dynamische Verfahren zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit [Conventional and biodynamic methods for increasing soil fertility]. PhD Thesis, University Gießen, Germany.

Sradnick A, Murugan R, Oltmanns M, Raupp J, Joergensen RG. 2013. Changed in functional diversity of the soil microbial community in a heterogeneous sandy soil after long-term fertilisation with cattle manure and mineral fertilizer. Appl Soil Ecol. 63:23–28.

Vaitkevičienė N, Jarienė E, Ingold R, Peschke J. 2019. Effect of biodynamic preparations on the soil biological and agrochemical properties and coloured potato tubers quality. Open Agriculture. 4(1):17–23. doi:10.1515/opag-2019-0002.