

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Odessa I.I. Mechnikov National University, Ukraine  
Institute of Applied Biotechnology daRostim, Germany  
Society of Microbiologists of Ukraine  
Society of Biologists and Biotechnologists of Odessa, Ukraine

XII Internationale wissenschaftlich-praktische Konferenz

## Biotechnologie für Landwirtschaft und Umweltschutz



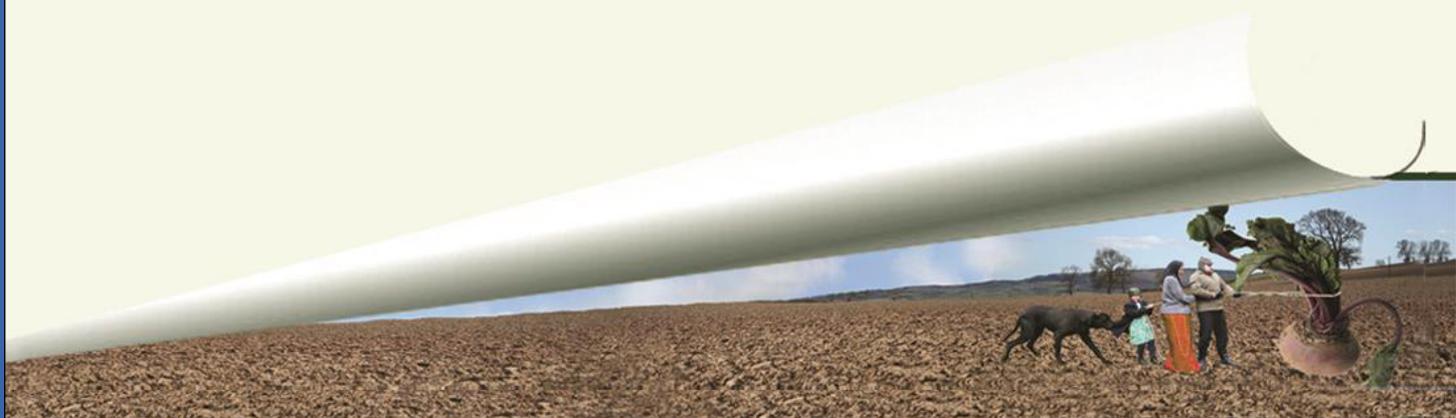
**2016**  
modern concepts in agriculture  
**daRostim**  
07th - 10th September 2016  
Odessa, Ukraine

**daRostim**<sup>®</sup>  
research and development \* scientific events  
commerce and services \* Tandem<sup>12/21</sup>

*Wolfgang Nowick*

TANDEM<sup>12/21</sup> - DAS INTERNATIONALE LANGZEITPROGRAMM  
ZUR ERSCHLISSUNG BIOLOGISCHER N-RESERVEN  
UND SEINE AKTUELLE RELEVANZ FÜR DEUTSCHLAND

Sonderdruck



**UDC 606:[631+502](063)**  
**BBC 30.16я431**  
**B60**

**XIIth International Scientific and Practical Conference  
daRostim 2016**

**BIOTECHNOLOGY FOR AGRICULTURE AND ENVIRONMENTAL PROTECTION:**  
Proceedings - Odessa: I.I. Mechnikov Odessa National University, 2016 - 244 p.

In the proceedings are published materials of the XIIth International Scientific and Practical Conference  
daRostim 2016

**"BIOTECHNOLOGY FOR AGRICULTURE AND ENVIRONMENTAL PROTECTION"**,  
which was focused on the study of microorganisms  
and their role in natural ecosystems, in natural and synthetic compounds as plant growth regulators  
and for plant protection, the development of biotechnology in agricultural production to protect the  
environment and the disposal of industrial waste.

Reports saved the author's style. The authors are solely responsible for the content of the reports.



07th – 10th September 2016, Odessa, Ukraine

Edited by:  
**Prof. Dr. Ivanytsia V.A.**  
**Prof. Dr. Nowick W.**  
**Dr. Blayda I.A.**  
**Dr. Vasileva N.Yu.**

Desktop publishing, cover design by:  
**Valentina Klebanova**

**ISBN 978-617-689-179-6**

© I.I. Mechnikov Odessa National University, 2016

## **PROGRAMMKOMITEE**

*Vladimir Ivanitsia, Prof. Dr., Odessa, Ukraine - Vorsitzender*

*Valentin Podgorskij, Akademiemitglied, Prof. Dr., Kiev, Ukraine - Vorsitzender*

### *Mitglieder des Programmkomitees*

*Albert Vinnikov, Prof. Dr., Dnepr, Ukraine*

*Vitalij Volkogon, Prof. Dr., Chernigov, Ukraine*

*Boris Galkin, Prof. Dr., Odessa, Ukraine*

*Swetlana Gnatush, Prof. Dr., Lvov, Ukraine*

*Galina Iutinskaja, Akademiemitglied, Prof. Dr., Kiev, Ukraine*

*Ivan Kurdish, Prof. Dr., Kiev, Ukraine*

*Wolfgang Nowick, Prof. Dr., Lichtenstein, Deutschland*

*Wladimir Novikov, Prof. Dr., Lvov, Ukraine*

*Nikolaj Patyka, Akademiemitglied, Prof. Dr., Kiev, Ukraine*

*Galina Pirogovskaja, Prof. Dr., Minsk, Belarus*

*Sergej Ponomarenko, Prof. Dr., Kiev, Ukraine*

*Tatjana Filipova, Prof. Dr., Odessa, Ukraine*

*Tatjana Hurshkainen, Dr., Syktyvkar, Russland*

*Horst Ninnemann, Dr., Dresden, Deutschland*

*Reinhard Sorge, Dr., Dresden, Deutschland*

## **ORGANISATIONSKOMITEE**

*Vladimir Ivanitsia, Prof. Dr., Odessa, Ukraine*

*Wolfgang Nowick, Prof. Dr., Lichtenstein, Deutschland*

### *Wissenschaftliches Sekretariat*

*Irina Blayda, Odessa, Ukraine*

*Valentina Klebanova, Lichtenstein, Deutschland*

**Tandem<sup>12/21</sup> - Das Internationale Langzeitprogramm  
zur Erschließung biologischer N-Reserven  
und seine aktuelle Relevanz für Deutschland**

W.Nowick, daRostim Privates Institut für angewandte Biotechnologie, 09350 Lichtenstein/Sa.

**Sonderdruck in deutsche Sprache <sup>(\*)</sup>**

**Inhalt**

**Zusammenfassung**

**Einführung**

**Ergebnisse aus den Forschungsprojekten Radostim A\*B und future<sup>9/12</sup> (2005-2012)**

- **Bodenbiologie**
- **Biologischer Bodenindex BSI\***
- **Jahreszeitliche Dynamik der biologischen Bodenparameter N,P,H**

**Das Internationale Langzeitprogramm Tandem<sup>12/21</sup> – Zwischenergebnisse**

- **Versuche zur Optimierung der Huminsäure-Komponente**
- **Einfluß der PHC-Herbstbehandlung auf die biologischen Bodenparameter**
- **Phytopathogene Mikroorganismen auf den Tandem<sup>12/21</sup>- Programmflächen**
- **Testverfahren zur Bestimmung phytopathogener Bakterien**
- **Phytopathogene versus stickstoffbindende und phosphormobilisierende Bakterien**
- **Produktivitätssteigerung durch PHC-Behandlung**
- **Produktivitätssteigerung in Abhängigkeit von der Ackerzahl**

**Resümee**

**Literatur**

<sup>(\*)</sup> Der Sonderdruck basiert auf den folgenden Veröffentlichungen und Vorträgen des Autors:

**12. Internationale wissenschaftlich-praktische daRostim-Konferenz  
Biotechnologie für Landwirtschaft  
und Umweltschutz**

**07.-10.09.2016, Odessa, Ukraine**

**Nowick W.**

**Produktivitätssteigerung und Stickstoffeinsparung in der Pflanzenproduktion durch Applikation von Phytohormon-Huminsäure-Kombinationen (PHC) auf Praxisflächen des Programms Tandem<sup>12/21</sup> in Deutschland (russ), (Hauptvortrag, Thesen: Tagungsband, Seite 160)**

**<sup>1</sup>Nowick,W., <sup>2</sup>Semenjuk I.V., <sup>2</sup>Karpenko E.V.**

<sup>1</sup> Privates Institut für angewandte Biotechnologie daRostim, Deutschland

<sup>2</sup>Abteilung für Physik und Chemie von Bodenschätzen, L.N.Litvinenko Institut der Akademie der Wissenschaften der Ukraine

**Vergleichende Untersuchungen zur Effektivität von Huminsäurepräparaten für die saisonale Bodenapplikation auf Flächen des Programms Tandem<sup>12/21</sup> (russ), (Tagungsband, Seite 173)**

**Nowick W.**

**Zur Dynamik der Konzentrationen phytopathogener Bodenbakterien auf Flächen des Programms Tandem<sup>12/21</sup> (en), (Tagungsband, Seite 162)**

**Tandem<sup>12/21</sup> - Das Internationale Langzeitprogramm  
zur Erschließung biologischer N-Reserven  
und seine aktuelle Relevanz für Deutschland**

W.Nowick, daRostim Privates Institut für angewandte Biotechnologie, 09350 Lichtenstein/Sa.

**Zusammenfassung**

Die Landwirtschaft hat in Deutschland in den letzten 10 Jahren kein Umweltziel erreicht. Das Potential von Pflanzen- und Bodenhilfsmitteln zur Produktivitätssteigerung landwirtschaftlicher Kulturen bei gleichzeitiger Umweltentlastung wird in diesem Kontext nach wie vor kontrovers diskutiert. Anders in Osteuropa, wo der Mineraldüngereinsatz und die Erträge traditionell auf wesentlich geringerem Niveau liegen und seit 1999 regelmäßig über Ertragssteigerungen von 15-40% bei gleichem Düngereinsatz berichtet wird.

In den letzten beiden Dekaden wurden insbesondere in der Ukraine, Russland und Weißrussland zu zwei Klassen von Pflanzen- und Bodenhilfsmitteln - Phytohormone und Huminsäuren - grundlegende wissenschaftliche Arbeiten ausgeführt, Wirkmechanismen aufgeklärt sowie Praxiserfahrungen auf mehreren Millionen ha gesammelt und publiziert. Der erreichte Wissenstand ist Ausgangspunkt für das laufende Internationale Langzeitprogramm Tandem<sup>12/21</sup> zur Erhöhung der biologischen Bodenfruchtbarkeit und zum Aufbau einer nachhaltigen biologischen Nährstoffreserve im Boden, bei dem Kompositionen aus diesen zwei Klassen – sogenannte PhytoHuminCompounds (PHC) - zum Einsatz kommen.

Am Langzeitprogramm Tandem<sup>12/21</sup> und den zwei vorgeschalteten Forschungsprojekten Radostim A\*B und future<sup>9/12</sup> sind seit 2004 auch deutsche Agrarbetriebe mit intensiver Wirtschaftsweise beteiligt. Über 170 Schläge mit einer Gesamtfläche von ca. 4000ha wurden bis zu 12 Jahre lang mit Pflanzenhormon-Huminsäure-Kompositionen (PHC) behandelt.

Für die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und des biologisch induzierten Ertrages ist die Langzeitentwicklung der drei in enger Wechselbeziehung zueinander stehenden Bodenparameter: Humus, luftstickstoffbindende Bakterien und phosphormobilisierende Bakterien von essentieller Bedeutung. Zur Beschreibung dieser Wechselbeziehung und zur Beurteilung der Wirksamkeit von PHC-Applikationen im Frühjahr (Pflanzenapplikation) und im Herbst (Bodenapplikation) wurde erstmals auf der Basis langjähriger Messserien ein neuer empirischer Parameter – der biologische Bodenindex BSI\* - eingeführt. Durch Bodenapplikation im Herbst läßt sich der BSI\* um 8 bis 32% weiter erhöhen. Der Erhöhung ist abhängig vom verwendeten Huminsäuretyp.

Es wurden Änderungen in den auf GE normierten Produktionsfunktionen ausgewertet. Unser Fazit besagt, dass sich je nach Standort und Ackerzahl (30 bis 70) die Ertragsmaxima bei um 15 bis 40kg N/ha reduziertem N-Einsatz einstellen und dabei um 4 bis 20 GE angehoben werden.

Die Ergebnisse werden im Rahmen des YEN-Modells diskutiert und erklärt. PHC aktivieren 1 bis 3 kg pflanzenverfügbaren biologischen Stickstoff je ha aus 1 Mio. KBE/g freilebender luftstickstoffbindender Bakterien im Boden. Deren Konzentration steigt bei mehrjährigem wiederholtem PHC-Einsatz auf Gleichgewichtswerte von 20-30 Mio. KBE/g. Zugleich reduziert sich der relative Anteil phytopathogener Bakterien im Boden. PHC-Applikationen sind damit ein probates Mittel, bei gleichzeitiger Ertragssteigerung die N-Bilanz der deutschen Landwirtschaft um 15-40 kg N/ha zu verbessern, Umweltbelastungen zu reduzieren und den Anforderungen der neuen Düngeverordnung besser gerecht zu werden. Der monetäre Effekt ist nachhaltig: 1 EUR PHC-Einsatz schlägt, konservativ gerechnet, mit 2 bis 7 EUR Gewinn zu Buche.

## Einführung

Die Landwirtschaft hat in Deutschland in den letzten 10 Jahren kein Umweltziel erreicht /1/. Im Zeitraum 2008 bis 2010 wurden noch immer an 49,4 % der 162 Meßstellen zur Erfassung des Nitratgehaltes im Grundwasser mittlere Nitratgehalte über der Qualitätsnorm von 50mg/l gemessen. Eine Verbesserung der Situation kommt nur langsam voran (2004-2006: 53,1%, 1992-1994: 64,2%). Die hohen Nitrat-Konzentrationen stehen in Bezug zur landwirtschaftlichen Nutzung und sind ein eindeutiger Hinweis auf die anthropogenen Beeinflussungen des Grundwassers /2/. Insbesondere wurde das Ziel, den Stickstoffüberschuss pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche bis 2010 auf 80 kg pro Jahr zu reduzieren, mit einem Überschuss von 96 kg Stickstoff pro Hektar (gleitendes Dreijahresmittel) verfehlt /3/. Die Landwirtschaft tut deshalb gut daran, sich auf weitere, gesetzlich geregelte Reduzierungen des Stickstoffeinsatzes vorzubereiten.

In diesem Kontext wird in Deutschland das Potential von Pflanzen- und Bodenhilfsmitteln zur Produktivitätssteigerung landwirtschaftlicher Kulturen bei gleichzeitiger Umweltentlastung nach wie vor kontrovers diskutiert. Die Aussagenvielfalt hat viele Ursachen. Zum einen ist das Inverkehrbringen von Hilfsmitteln leicht, da weder wissenschaftliche Modelle noch Experimente zur praktischen Wirksamkeit erforderlich sind. In der Folge wird der Praxisbetrieb nicht fundiert beraten, bleibt mit seinen Erfahrungen alleine und gibt meist wieder auf. Zum anderen bewirken halbherzige Versuchsanstellungen, die sich aus Kosten- und Kapazitätsgründen entweder auf den Vergleich verschiedener Hilfsmittel untereinander reduzieren oder denen es an der notwendigen Nachhaltigkeit mangelt, ein überwiegend negatives Meinungsspektrum /4/.

Es macht Sinn, in diesem Zusammenhang seine Aufmerksamkeit einmal nach Osteuropa zu richten. In den letzten beiden Dekaden wurden insbesondere in der Ukraine, Russland und Weißrussland zu zwei Klassen von Pflanzen- und Bodenhilfsmitteln - Phytohormone und Huminsäuren - grundlegende wissenschaftliche Arbeiten ausgeführt, Wirkmechanismen aufgeklärt sowie Praxiserfahrungen auf mehreren Millionen ha gesammelt und publiziert. Dort, wo der Mineraldüngereinsatz traditionell auf wesentlich geringem Niveau liegt, wird regelmäßig über mit Pflanzenwachstumsregulatoren erzielte Ertragssteigerungen von 15-40% bei gleichem Düngereinsatz berichtet /5,6,7,8/.

Mit über einem Jahrzehnt Verspätung gibt es nun auch in Deutschland mit dem Forschungsprogramm „Pflanzenbiotechnologie der Zukunft – **PLANT 2030**“ des Max-Planck-Instituts für Molekulare Pflanzenphysiologie ([www.mpimp-golm.mpg.de](http://www.mpimp-golm.mpg.de)) eine staatliche, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte konzertierte Initiative /9/.

Der in Osteuropa erreichte Wissenstand war Ausgangspunkt für das laufende Internationale Langzeitprogramm Tandem<sup>12/21</sup> (2012-2021) zur Erhöhung der biologischen Bodenfruchtbarkeit und zum Aufbau einer nachhaltigen biologischen Nährstoffreserve im Boden, bei dem Kompositionen aus Phytohormonen und Huminsäuren - sogenannte PhytoHuminCompounds (PHC) - zum Einsatz kommen.

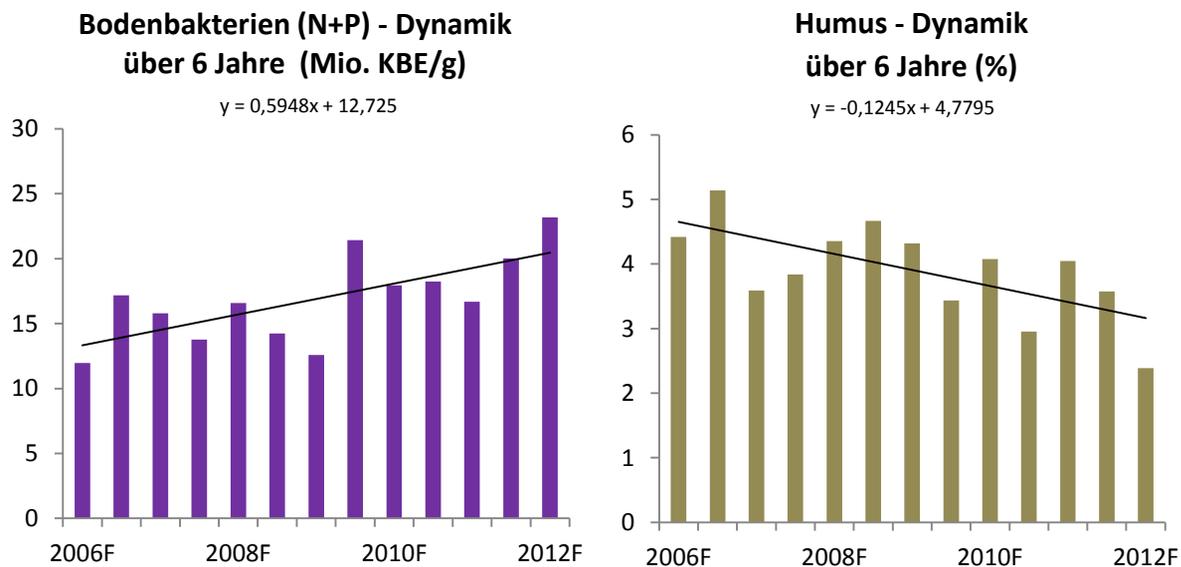
Noch vor der Halbzeit des Programms sollen im Folgenden ausgewählte Zwischenergebnisse und Ergebnisse aus Vorversuchen vorgestellt und bewertet werden.

## Ergebnisse aus den Forschungsprojekten Radostim A\*B und future<sup>9/12</sup> (2005-2012)

Am Langzeitprogramm Tandem<sup>12/21</sup> und den zwei vorgeschalteten Forschungsprojekten Radostim A\*B (2005-2008) und future<sup>9/12</sup> (2009-2012) sind seit 2004 auch deutsche Agrarbetriebe aus Sachsen, Brandenburg, Thüringen und Sachsen-Anhalt mit intensiver Wirtschaftsweise beteiligt. Die Anzahl der Schläge, die jedes Jahr mit Pflanzenhormon-Huminsäure-Kompositionen (PHC) appliziert werden, hat sich dabei schrittweise von anfangs 50 auf heute über 170 Schläge mit einer Gesamtfläche von ca. 4000ha erhöht. 63 Schläge im Ackerzahlbereich von 25 bis 77 wurden inzwischen durchgängig 8 bis 12 Jahren lang mit PHC behandelt.

### Bodenbiologie

In den Projekten Radostim A\*B und future<sup>9/12</sup> erfolgte die PHC-Applikation nur im Frühjahr in der Vegetationsphase. Die PHC-Zusammensetzung wurde entsprechend dem technischen Fortschritt der Zulieferer der Phytohormon- und Huminsäurekomponenten mehrfach aufgewertet. Seit 2006 werden von allen Schlägen zweimal im Jahr (Probenentnahme generell letzte Märzwoche bzw. letzte Oktoberwoche) Bodenproben aus einer Tiefe von 0-30cm auf ihren Humusgehalt und die Konzentration an luftstickstoffbindenden (N) und phosphormobilisierenden (P) Bodenbakterien (gemessen in koloniebildenden Einheiten – KBE) analysiert.



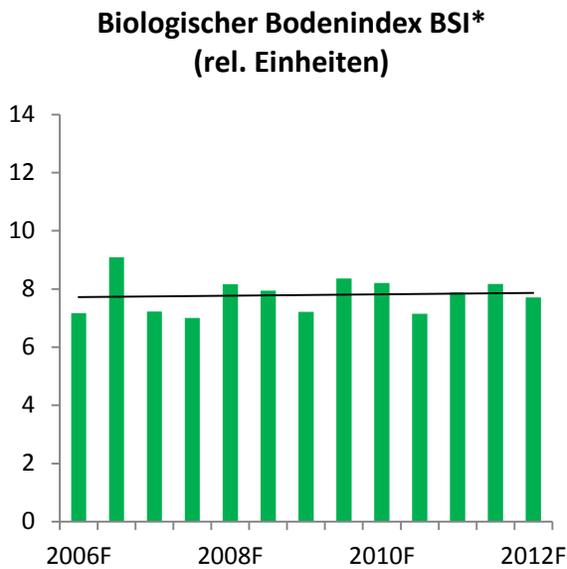
**Abb. 1, 2**

*Bodenbakterien (N+P)-Mittelwerte und Humus-Mittelwerte über 6 Jahre*

Wie Abb. 1,2 zeigen, nahm die Summe der für die Nährstoffversorgung der Pflanze interessanten Bodenbakterien (N+P) im 6-Jahres-Zeitraum der beiden Forschungsprojekte um über 50% zu. Entsprechend stieg der Anteil des biologischen Stickstoffs an der Ertragsbildung und führte, grundsätzlich und ähnlich, wie das in Osteuropa beobachtet wurde, zu einer biologisch induzierten Ertragssteigerung. Gleichzeitig gingen jedoch auf unseren deutschen Versuchsflächen die mittleren Humusgehalte um 1,5%-Punkte zurück. Offensichtlich findet die wachsende Anzahl der Bodenbakterien nicht genügend Nahrung und greift auf die Kohlenstoffreserven im Humus zurück.

Das ist verständlich, da die Kulturen in Anbetracht der meist übermäßigen chemischen Nährstoffversorgung (vorrangig durch mineralischen Stickstoff), wie wir sie in Deutschland betreiben, wenig zu einer Steigerung der natürlichen Kohlenstoffnachlieferung, d.h. der Abgabe von durch Photosynthese erzeugten Assimilate als Wurzel-Exsudate an den Boden, motiviert werden.

**Biologischer Bodenindex BSI\***



Eine mathematische Auswertung der Dynamik aus Abb. 1 und 2 zeigt, dass sich bei einer alleinigen Frühjahrsbehandlung mit PHC zwischen dem Humuswert, in %, und der Konzentration der koloniebildenden Bodenbakterieneinheiten (N+P), angegeben in Mio.KBE/g eine hinreichend gute Korrelation einstellt, die den Nahrungsbedarf der Bakterien, den sie aus dem Humus decken müssen, wiedergibt. Mehr Bakterien bedeuten weniger Humus und umgekehrt.

Dieser Gleichgewichtszustand läßt sich durch den folgenden Zusammenhang beschreiben/10/:

$$23/100 * (N+P) + H = 7,8 = \text{const.}$$

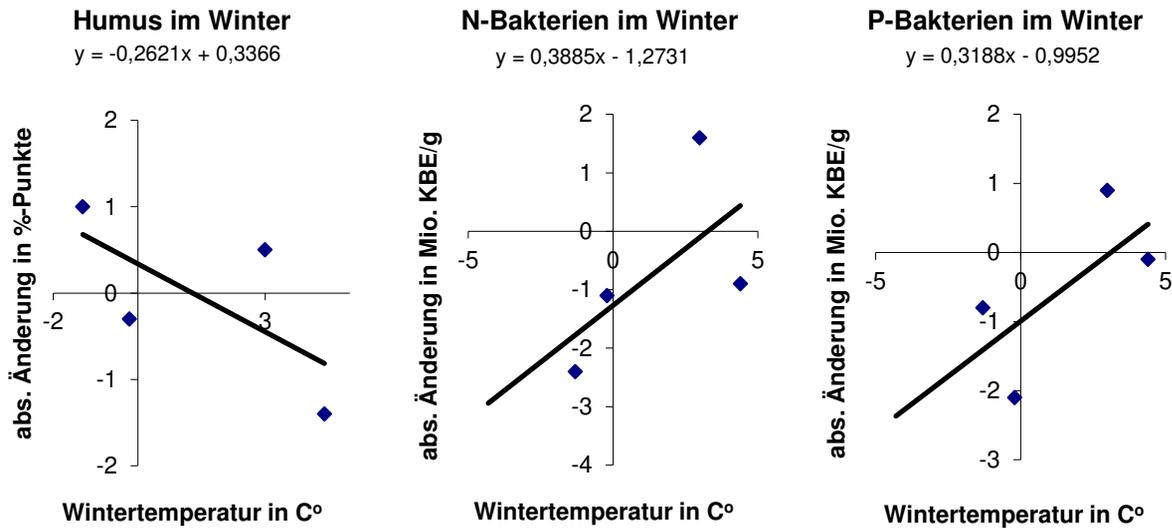
**Abb. 3**  
*Biologische Bodenindex über 6 Jahre*

Für die Konstante (Abb.3) wurde der Name:  
Biologischer Bodenindex - BSI\* - vergeben.

Die Einführung eines Biologischen Bodenindex BSI\* an dieser Stelle ist sinnvoll, da er indirekt mit der biologische Bodenfruchtbarkeit in Zusammenhang gebracht werden kann, für die bisher eher verbale Beschreibungen üblich waren. Praktische Maßnahmen können an Hand der BSI\*-Dynamik quantitativ ausgewertet werden, wie wir noch zeigen werden /10/.

**Jahreszeitliche Dynamik der biologischen Bodenparameter N, P, H**

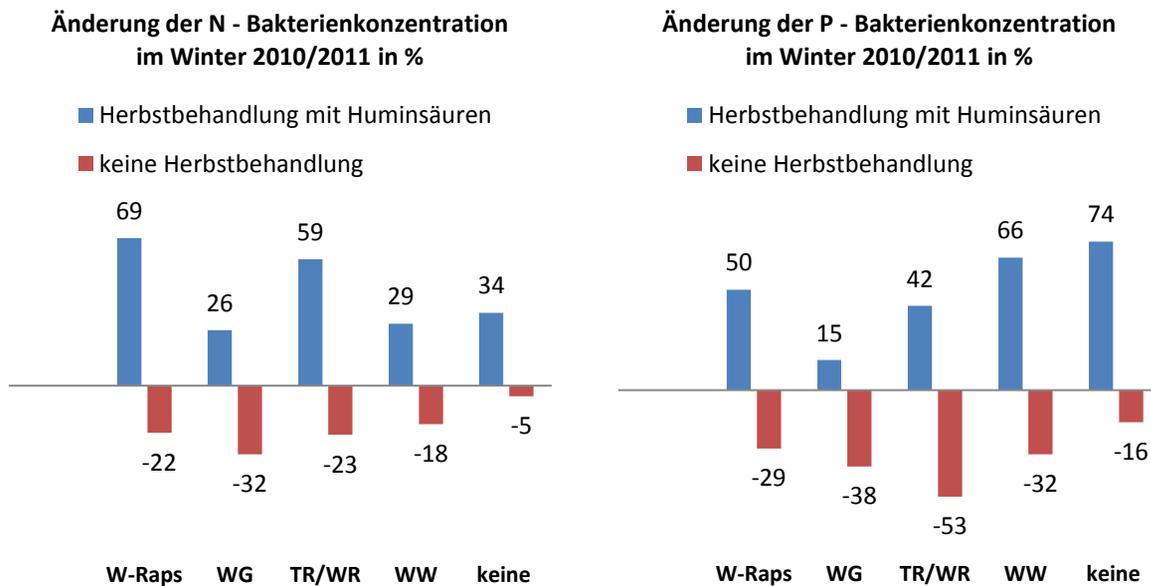
Modellmäßig beginnen die Bakterienkolonien bei Winterausgang zu wachsen, wobei sie den vorhandenen Humus als Nahrungsgrundlage nutzen. Die absolute Zahl der luftstickstoffbindenden und phosphorfreisetzenden Bakterien steigt nach biologischen Wachstumsgesetzen. Im Frühjahr und mit zunehmender Photosyntheseleistung der Kulturen übernimmt das Wurzelsystem die Nährstoffversorgung der Bakterien, die ihrerseits pflanzenverfügbaren Stickstoff und Phosphor zurückgeben. Damit es zur Symbiose kommt, müssen die freilebenden Bakterien mit dem Wurzelsystem in Kontakt kommen. Da der mittlere Abstand zwischen zwei Kolonien bei einer angenommenen Konzentration von 14 Mio.KBE/g und einer Bodendichte von 2,5g/cm<sup>3</sup> bei etwa 30 Mikrometer liegt, sollte dieser Kontakt im gesamten Wurzelraum möglich sein, vorausgesetzt er wird nicht durch die Nahrungskonkurrenz mit anderen Bakterienstämmen gestört. Die Chance, von der Nährstoffversorgung durch die Wurzel zu profitieren, entspricht etwa dem Volumenverhältnis von Wurzelraum zum ganzen Bodenraum und ist abhängig von der Entwicklungsdynamik der Wurzel und der kulturspezifischen Wurzelmorphologie und sollte mehr als 50% betragen. Ein Anstieg der angenommenen Konzentration von 14 auf 21 Mio.KBE/ (ein plus vom 7 Mio.KBE/g) in der Phase maximaler Photosyntheseaktivität ist also realistisch. Tatsächlich beobachten wir bei der PHC-Applikation nach einer Saison im nächsten Frühjahr nur einen durchschnittlichen Zuwachs um etwa 1 Mio KBE/g, da mit beginnender Abreife der Kulturen im Sommer/Herbst die Symbiose endet, die Bakterienkolonien in sich zusammenfallen und diese im Herbst/Winter wieder auf die Humusreserven angewiesen sind. Inwieweit der Humus aufgezehrt wird, hängt u.a. von den mittleren Wintertemperaturen ab (Abb.4) /11/. Wir konnten zeigen, dass N- und P-Bakterien ab etwa +3C° aktiv werden.



**Abb. 4a,b,c**

Änderung der biologischen Bodenparameter Humus, N- und P-Bakterien in den Wintermonaten der Jahre 2006/7 bis 2009/10

Erste Hinweise, dass eine PHC- oder Huminsäureapplikation des Bodens vor dem Winter zu einer Stabilisierung der Bodenbiologie führt, konnten wir für den Winter 2010/2011, ableiten, der mit mittleren Temperaturen von  $-0,6\text{C}^\circ$  relativ kalt war. Auf unbehandelten Schlägen nahm die Konzentration der N- und P-Bakterien je nach Kultur um 5 bis 50% ab, auf behandelten Schlägen um bis zu 75% zu. Die Humuswerte lagen im Mittel etwa unverändert bei 3,5% /12,13/.



**Abb.5**

Einfluß einer Huminsäureapplikation im Herbst auf die relative Änderung der Bakterienkonzentrationen N und P im Winter 2010/2011 bei verschiedenen Winterkulturen

## Das Internationale Langzeitprogramm Tandem<sup>12/21</sup> – Zwischenergebnisse

Mit einem Basisbestand von ca. 170 Versuchsflächen mit einer Gesamtfläche von 4000ha aus den vorausgegangenen Forschungsprojekten wurde im Frühjahr 2012 mit einer Laufzeit von 10 Jahren das Internationale Langzeitprogramm Tandem<sup>12/21</sup> in Deutschland gestartet. Das Programm besteht aus sich jährlich wiederholenden, möglichst zeitigen Frühjahrsbehandlungen der Winterkulturen (gemeinsam mit der ersten Pflanzenschutzmaßnahme), bei Mais in Kombination mit der Herbizidbehandlung, mit dem PHC-Präparat Tandem F - einem fertig formulierten Gemisch aus dem phytohormonbasierten Präparat Biolan der 2. Generation und der Huminsäure Lignohumat LH120 /13/, welches je nach Ackerzahl in drei Spezifikationen F30, F50 bzw. F70 zur Verfügung steht und einer ebenfalls sich jährlich wiederholenden Herbstbehandlung des Bodens (nach der Ernte, gemeinsam mit den kulturbezogenen Pflanzenschutz- oder Herbizidspritzungen möglich) mit dem PHC-Präparat Tandem H, welches je nach Ackerzahl in den drei Spezifikationen H30, H50 bzw. H70 zum Einsatz kommt. Aus begleitenden, jährlich zweimal vorgenommenen biologischen Bodenanalysen (luftstickstoffbindende und phosphormobilisierenden Bakterien, phytopathogene Bakterien und Pilze, Humus), die Erfassung der Ertragsdaten und des Stickstoffeinsatzes sowie Messungen zur Photosynthese (DPCA Digital-Photo-Chrom-Analyse, CFD Chloropyll-Fluoreszenz-Dynamik, NDVI Normalisierter differenzierter Vegetationsindex) sollen Modellvorstellungen verfeinert und Rückschlüsse zur nachhaltigen Verbesserung der biologischen Bodenfruchtbarkeit und deren Auswirkung auf Vitalität, die Nährstoffversorgung, das Einsparpotential an Mineraldünger und potentiellen Ertragssteigerungen abgeleitet werden.

### *Versuche zur Optimierung der Huminsäure-Komponente*

Ziel der zusätzlich eingeführten Herbstbehandlung ist es, den im Frühling/Sommer aufgebauten Bestand an luftstickstoffbindenden und phosphormobilisierenden Bakterien im Boden über den Winterzeitraum zu stabilisieren, wozu unter anderem die katalytische Wirkung der Huminsäuren bei der beschleunigten Zersetzung der organischen Substanz wichtig ist.

Allgemein geht man davon aus, dass die Effektivität der biochemischen Wirkung unterschiedlicher Huminsäurepräparate (die praktisch empfohlenen Dosierungen unterschiedlicher Hersteller gehen bei gleicher Wirkstoffmenge um einen Faktor 100 auseinander) stark von der alters- und herkunftsbedingten Zusammensetzung der Rohstoffquelle abhängen. Eine einheitliche Auffassung dazu gibt es allerdings nur in Ansätzen /14/.

Wir haben drei industrielle Huminsäurepräparate getestet (Tabelle 1)

**Tabelle 1**

*Analysenresultate der im Tandem-Programm eingesetzten Huminsäure-Präparate*

Präparat	Gehalt an Huminsäuren g/l	Wasserstoff-Ionen-konzentration pH	Anteil der Säuregruppen, mmol/g			
			Carboxyle (-COOH)	Hydroxyle (Ar-OH)	Laktone (-CO-O)	gesamt
Lignohumat LH120	152,0*	7,53	2,67	1,73	0,61	5,01
Hydrohumat	94,3	12,6	2,91	3,04	0,91	6,86
Humifirst	162,0	12,1	3,89	2,79	0,85	7,53

\* enthält Fulvosäuren

Im Herbst 2012 und 2013 wurde von uns Lignohumat LH120 eingesetzt, im Herbst 2014 wurde bei einem Teil der Flächen Lignohumat durch Humifirst®/15/ substituiert, im Herbst 2015 wurden auf den gleichen Schlägen Lignohumat LH120 durch Hydrohumat/16/ ersetzt..

**Tabelle 2**

*Dynamik der Mittelwerte der Konzentration luftstickstoffbindender und phosphormobilisierender Bakterien im Boden und des biologischen Bodenindex bei einer Herbstbehandlung mit Lignohumat LH120*

Testperiode		Präparat	Humus	Luftstickstoff- bindende Bakterien	Phosphor- mobilisierende Bakterien	Biologischer Bodenindex	Änderung des BSI* in der Winter- periode
			H	N	P	BSI*	
			%	Mio. KBE/g	Mio. KBE/g		%
2012	Herbst	Lignohumat	4,38	19,18	4,32	9,78	
2013	Frühjahr	Tandem F	3,08	29,55	7,65	11,63	18,90
2013	Herbst	Lignohumat	4,51	25,74	9,03	12,51	
2014	Frühjahr	Tandem F	3,39	26,40	9,07	11,54	-7,73
2014	Herbst	Lignohumat	2,13	29,72	11,52	11,62	
2015	Frühjahr	Tandem F	3,03	23,84	9,21	10,63	-8,52
2015	Herbst	Lignohumat	3,18	21,29	11,17	10,64	
2016	Frühjahr	Tandem F	2,88	19,09	7,57	9,01	-15,38

**Tabelle 3**

*Vergleich der Dynamik der Mittelwerte der Konzentration luftstickstoffbindender und phosphormobilisierender Bakterien im Boden und des biologischen Bodenindex bei einer Herbstbehandlung mit Lignohumat LH120 und Humifirst im Winter 2013/2014*

Testperiode		Präparat	Humus	Luftstickstoff- bindende Bakterien	Phosphor- mobilisierende Bakterien	Biologischer Bodenindex	Änderung des BSI* in der Winter- periode
			H	N	P	BSI*	
			%	Mio. KBE/g	Mio. KBE/g		%
2014	Herbst	Lignohumat	2,13	29,72	11,52	11,62	
2015	Frühjahr	Tandem F	3,03	23,84	9,21	10,63	-8,52
2014	Herbst	Humifirst	2,54	24,40	7,40	9,85	
2015	Frühjahr	Tandem F	3,37	20,84	6,59	9,68	-1,70

Eine erste Durchsicht der Resultate zeigt, dass die Herbstbehandlung mit Lignohumat LH120 nur im ersten Winter zu einer deutlichen Verbesserung des BSI\* führt, in den drei Folgejahren gehen die Werte zurück. Die Substitution durch Humifirst oder Hydrohumat stabilisiert den BSI\*, wobei Hydrohumat effektiver wirkte. Die differenzierten Resultate könnten damit im Zusammenhang stehen, dass die Huminsäuren dank ihrer Carboxyl- bzw. Hydroxyl-Gruppen eine Reihe chemischer Elemente sorbieren und durch Komplexbildung und Ionenaustausch pflanzenverfügbare Nährstoffe bereitstellen, während die Kohlenstoff- und Peptidgruppen der Huminsäuren hingegen eher einen Beitrag zur Nährstoffversorgung der Bodenmikroorganismen leisten. Es erscheint sowohl sinnvoll, die Rotation bzw. Variation der Huminsäurekomponente für die Herbstbehandlung in einem Unterprogramm zukünftig weiter zu untersuchen, zumal das Spektrum verfügbarer industrieller Huminsäurepräparate weiter zunimmt, als auch das Versuchsprogramm zu wiederholen, um zu klären, welchen Einfluß die unterschiedlichen Wintertemperaturen (Mittel 2012/13: 0,3C°, 2013/14: 3,3C°, 2014/15: 1,8C°, 2015/16: 3,6C°) haben.

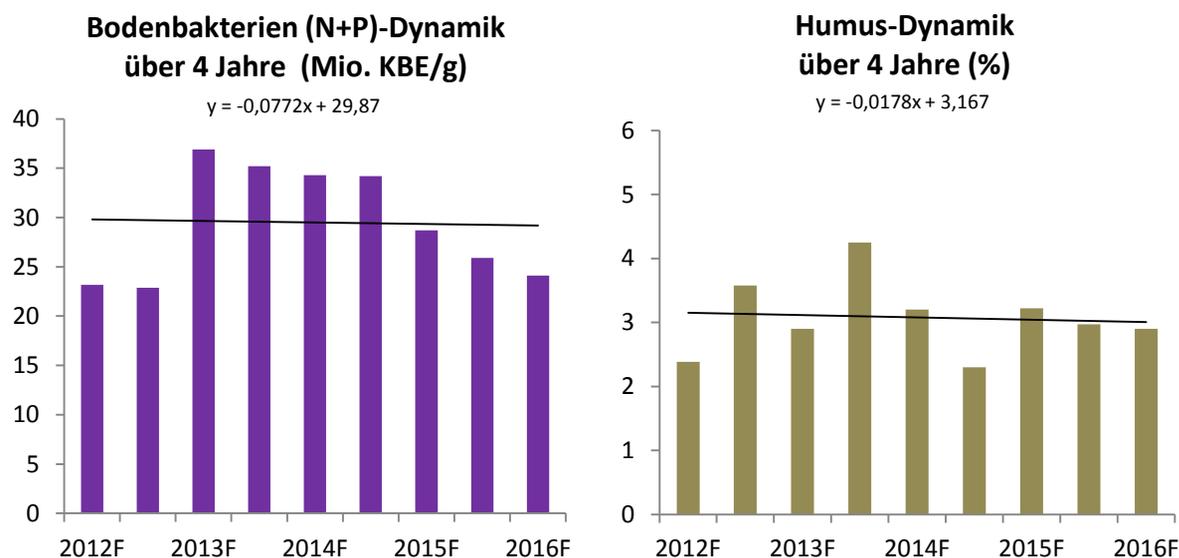
**Tabelle 4**

Vergleich der Dynamik der Mittelwerte der Konzentration luftstickstoffbindender und phosphormobilisierender Bakterien im Boden und des biologischen Bodenindex bei einer Herbstbehandlung mit Lignohumat LH120 und Hydrohumat im Winter 2015/2016

Testperiode		Präparat	Humus	Luftstickstoff- fixierende Bakterien	Phosphor- mobilisierende Bakterien	Biologischer Bodenindex	Änderung des BSI* in der Winter- periode
			H	N	P	BSI*	
			%	Mio. KBE/g	Mio. KBE/g		%
2015	Herbst	Lignohumat	3,18	21,29	11,17	10,64	
2016	Frühjahr	Tandem F	2,88	19,09	7,57	9,01	-15,38
2015	Herbst	Hydrohumat	3,02	16,61	7,32	8,52	
2016	Frühjahr	Tandem F	3,02	17,44	6,07	8,43	-1,10

### **Einfluss der PHC-Herbstbehandlung auf die biologischen Bodenparameter**

Nach 4-Jahren Programmlaufzeit, d.h. praktisch einer Fruchtfolgerotation, beobachten wir eine tendentielle Stabilisierung der Humuswerte auf einem Niveau von 3,1% (Durchschnitt des 6-jährigen Vorjahreszeitraums: 3,9%) und der (N+P)-Bodenbakterienkonzentration bei 29,5 Mio.KBE/g (6-jähriger Vorjahreszeitraum: 16,9 Mio. KBE/g) (Abb.6, 7).


**Abb. 6,7**

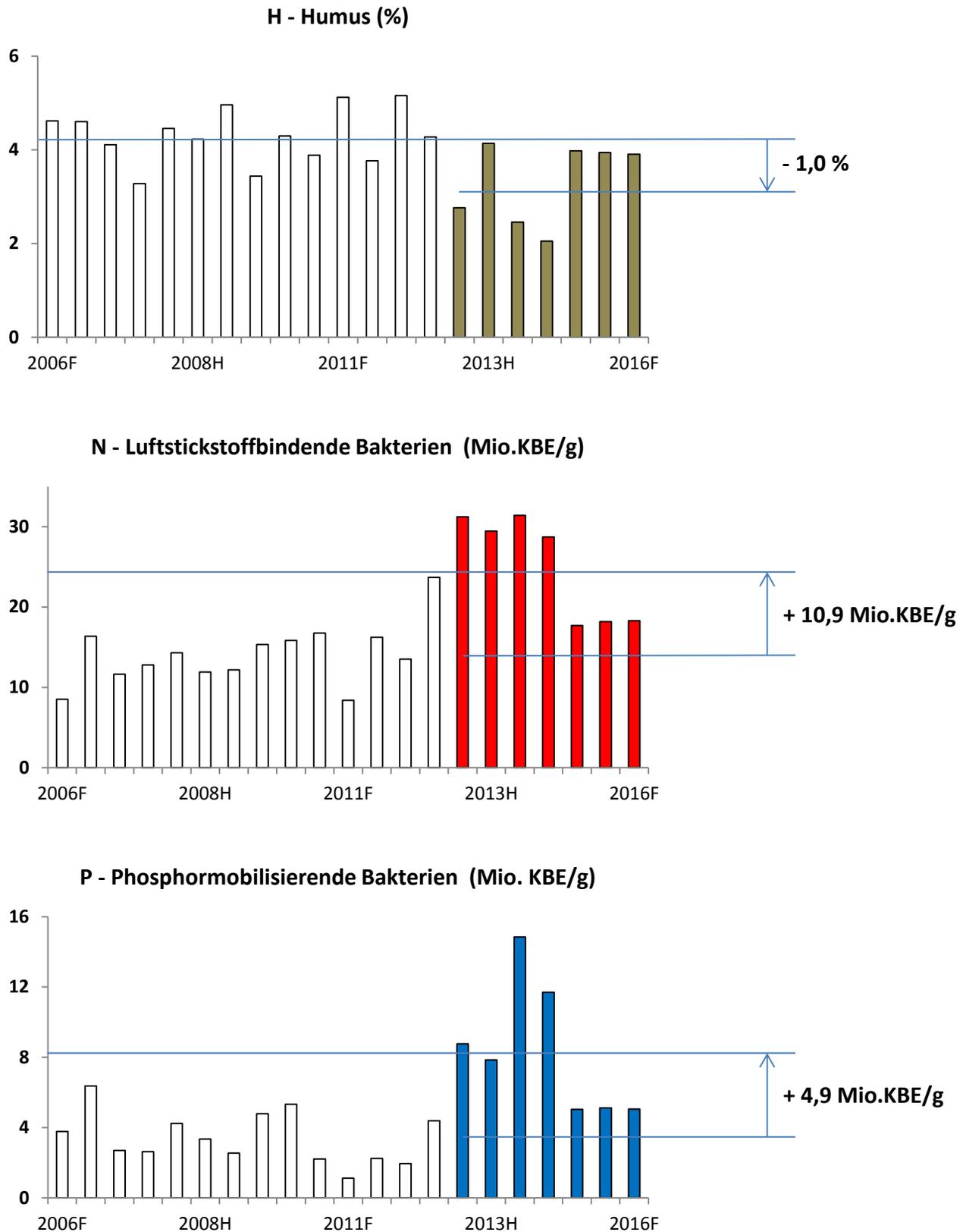
Bodenbakterien (N+P)-Mittelwerte und Humus-Mittelwerte über 4 Jahre

Über alle Schläge gemittelt stieg der BSI\* von 7,8 auf 9,9 (+27%). Böden mit niedrigeren Ackerzahlen profitierten weniger von der Herbstbehandlung (Tabelle 5). Die 10-Jahres-Dynamik der Bodenbiologie für zwei Betriebe mit Ackerzahlen von 50 bzw 33 zeigen die Abbildungen 8,9.

**Tabelle 5**

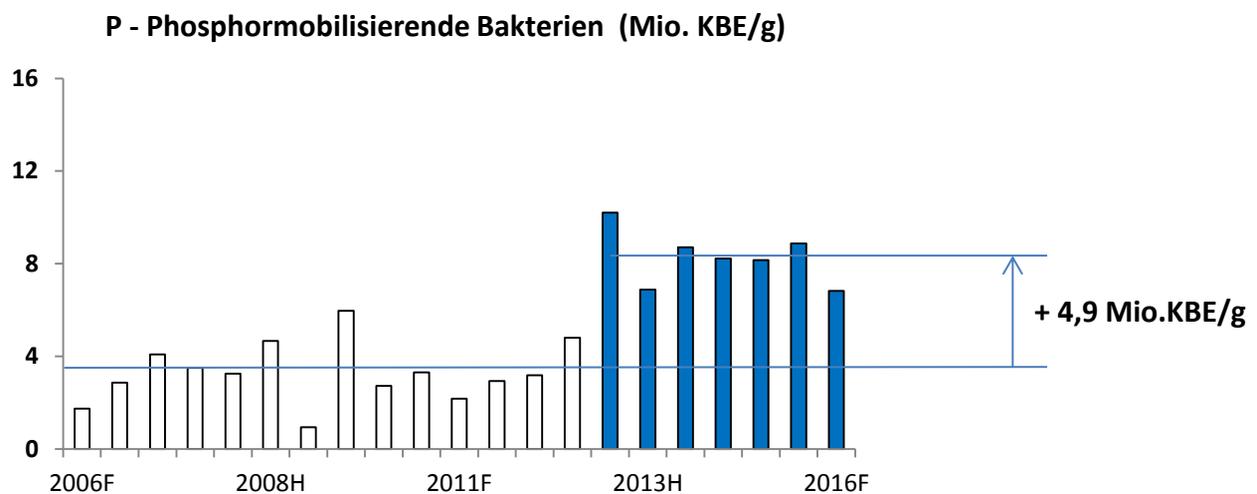
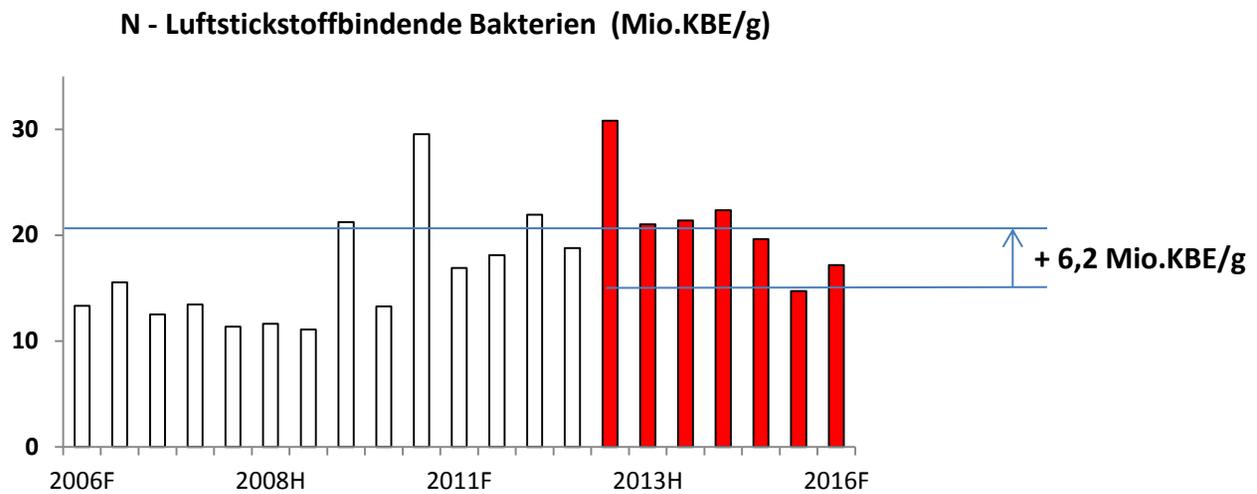
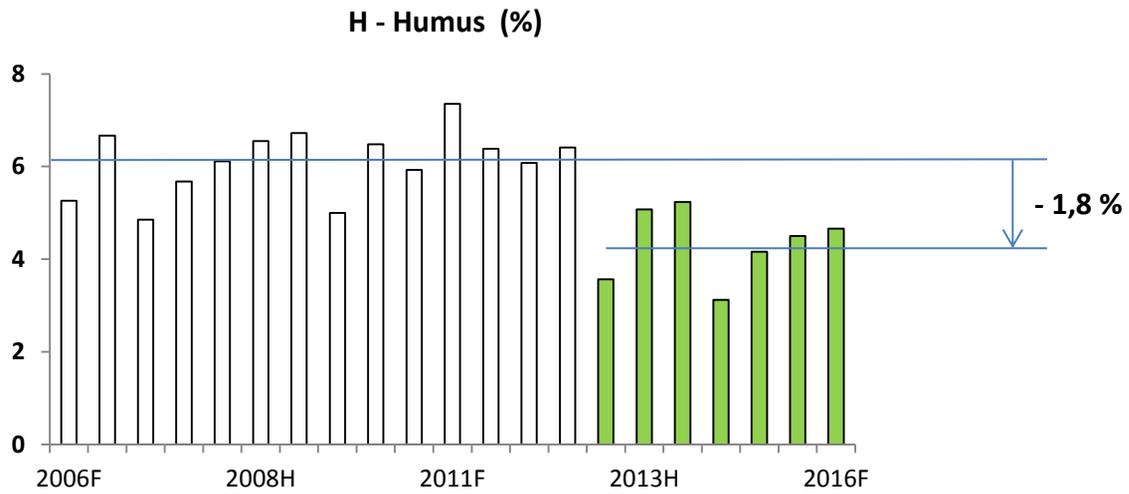
Anstieg des biologischen Bodenindex BSI\* bei verschiedenen Ackerzahlen

Ackerzahl	25	33	50	65
Mittlerer BSI* im Zeitraum 2006-2012	7,33	10,24	8,32	6,84
Mittlerer BSI* im Zeitraum 2013-2016	8,57	11,06	10,98	8,65
Anstieg des biologischen Bodenindex / %	17	8	32	27



**Abb. 8a,b,c**

Absolute Änderungen der biologischen Bodenparameter (H,N,P) im Vergleich zum Vorzeitraum von 6 Jahren durch zusätzlichen PHC-Bodenbehandlung im Herbst über 4 Jahre Standort: Sachsen, Ackerzahl 50, Mittelwerte aus 18 Programmflächen



**Abb. 9a,b,c**

Absolute Änderungen der biologischen Bodenparameter (H,N,P) im Vergleich zum Vorzeitraum von 6 Jahren durch zusätzliche PHC-Bodenbehandlung im Herbst über 4 Jahre  
Standort: Brandenburg, Ackerzahl 33, Mittelwerte aus 19 Programmflächen

### ***Phytopathogene Mikroorganismen auf den Tandem<sup>12/21</sup>-Programmsflächen***

Für die Verbesserung der biologischen Bodenfruchtbarkeit durch die Stimulierung luftstickstoffbindender und phosphormobilisierender Bakterien ist die Fragestellung nach der langfristigen Entwicklungsdynamik phytopathogener Mikroorganismen und insbesondere pathogener Bodenbakterien im Zusammenhang mit den PHC-Behandlungen von grundsätzlicher Natur, da eine zeitgleiche positive Entwicklung pathogener Organismen kontraproduktiv sein könnte. Seit 2013 werden systematisch ca. ein Drittel der Bodenproben aus dem Tandem-Programm einmal im Jahr hinsichtlich pathogener Komponenten untersucht. Der labortechnische und zeitliche Aufwand ist relativ hoch und kostenintensiv. Wir nutzen hier die Gelegenheit, ihn für die Leser aus der landwirtschaftlichen Praxis etwas näher zu beschreiben /17/ (Abb.10,11).

### ***Testverfahren zur Bestimmung phytopathogener Bakterien***



**Abb. 10**

*Bodenbiologisches Labor an der Fakultät für Biologie in Minsk, Leiter: Dr. Irina Feklistova*

Die Isolierung der Mikroorganismen aus den Bodenproben erfolgt nach einer modifizierten Standardtechnik: Dazu werden 1-3 g der Bodenmasse in sterile Kolben mit 100 ml einer 0,9%igen Kochsalzlösung gegeben. Der Inhalt wird für 30 min geschüttelt. Danach wird der Kolbeninhalt auf die Oberfläche eines vollwertigen festen Nährmediums (50 Mikro-Liter je Petrischale) ausgesät und 3 Tage lang bei 28 ° C inkubiert.

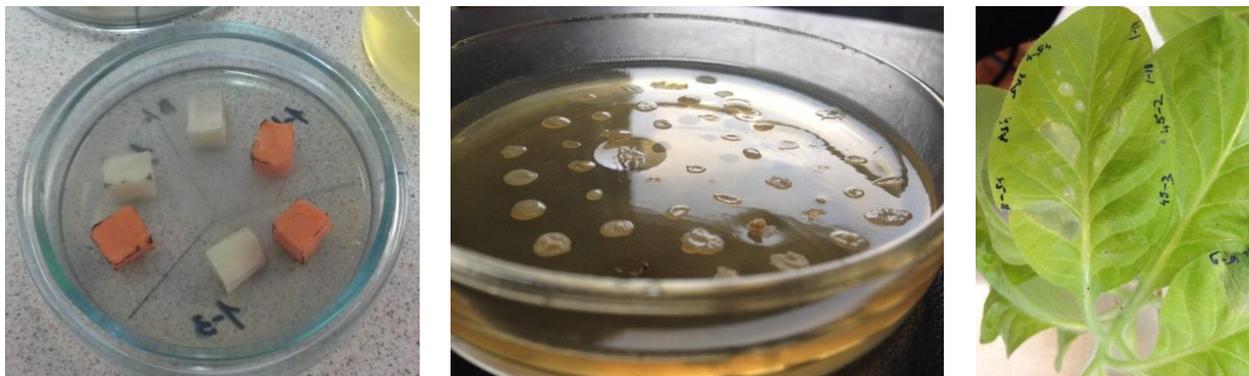


**Abb. 11a,b**

*Vorbereitung von Bodenproben aus der Agrargenossenschaft Wülknitz, Sachsen*

Es ist bekannt, dass phytopathogene Bakterien Virulenzfaktoren (krankmachende Faktoren) wie Toxine, Enzyme, pflanzliche Hormone oder extrazelluläre Polysaccharide produzieren, die im weiteren Entwicklungsstadium solche Symptome wie: Chlorose, Nassfäule, Zellhyperplasie, Nekrosen oder Welken auslösen. Die pathogenen Eigenschaften vieler Stämme von Bakterien sind durch die depolymerisierende Enzyme erzeugten Produkte wie Pectinasen, Proteasen oder Cellulasen bedingt, welche den Abbau von Pflanzenzellwandkomponenten bewirken. Pektatlyasen wirken auf interne  $\alpha$ -1,4-glykosidische Bindungen in Pektin-Molekülen durch  $\beta$ -Eliminierung. Cellulasen phytopathogener Bakterien wirken auf zwei Arten: Endoglucanase wirken einerseits auf interne  $\beta$ -1,4-glykosidische Bindungen in den Cellulosemolekülen und produzieren eine Mischung von Oligosacchariden, andererseits bewirken sie am nicht-reduzierenden Ende der Cellulosekette die Bildung von Glucose und Cellobiose.

Im nächsten Arbeitsschritt werden bis zu dreizehn unterschiedliche Bakterienstämme isoliert und geprüft, welche von ihnen zur Gruppe von pathogenen Mikroorganismen gehören. Da die Reihe von Faktoren, die bei der Entwicklung von Pflanzenkrankheiten beteiligt sind, ziemlich breit ist, wird die Zugehörigkeit einer bestimmten Art von Bakterien zur Gruppe von pflanzenpathogenen Mikroorganismen aus der Gesamtheit von Ergebnissen verschiedener Tests abgeleitet: der Fähigkeit der Mikroorganismen, das Pflanzengewebe zu mazerieren (aufzuschwemmen, aufzuweichen); der Fähigkeit, Pektin abzubauen; der cellulolytischen Aktivität und der Fähigkeit, Nekrose von Pflanzengewebe zu verursachen.



**Abb.12**

*Kartoffelquader (a), Pektolytische Aktivität (b), Hyperempfindlichkeit am Tabakblatt (c)*

Um die Fähigkeit von Bakterienstämmen zu testen, Pflanzengewebe zu mazerieren, werden Kartoffelknollen gewaschen, mit 96% Ethanol sterilisiert und mittels sterilem Korkscheider Kartoffelquader von etwa 1 cm<sup>2</sup> und 3-5 mm dicke hergestellt (Abb.12a) . Die Scheiben werden auf der Oberfläche mit einer 1,5% igen Kartoffel-Agarmediums versehen und in Petrischalen gegeben. Auf jede Scheibe werden 50 Mikro-Liter eintägiger Bakterienkulturen platziert und für 24-72 h inkubiert. Die Fähigkeit zur Mazeration wird entweder visuell oder durch die die Scheiben berührenden mikrobiellen Schleifen bestimmt.

Um die Fähigkeit des Pektinabbaus zu testen, werden die zu untersuchenden Bakterienkulturen in Form von Medaillons (3-5 mm Durchmesser) auf mit Polypektat-Gel beschichteten Petrischalen-Oberflächen inokuliert. Das Polypektat-Gel wird hergestellt, indem 3-4 ml 1,5% iges Natrium-Polypektat auf ein Agarmedium aufgetragen wird, welches Ca<sup>2+</sup> -Ionen enthält (2,5 ml von 1 mol/l CaCl<sub>2</sub>-Lösung für 100 ml Medium). Die Petrischalen werden in einem Inkubator gegeben, welcher ein Temperaturoptimum für das Bakterienwachstum gewährleistet. Wenn durch die Bakterienkulturen die Produktion von pektolytische Enzymen induziert wird, bilden sich auf der Oberfläche des Gels Vertiefungen (Abb. 12b).

Der zuverlässigste Test zur Bestimmung des phytopathogenen Charakters eines Bakterienstamms ist der Test auf die Fähigkeit der Bakterien, Nekrose (das Absterben) des Pflanzengewebes zu verursachen, für die das Pathogen eigentlich nicht typisch ist. In diesem Fall sterben die Pflanzenzellen an der Stelle des Eindringens des Erregers schnell ab und bilden einen nekrotischen Bereich, der die Ausbreitung des Phytopathogens auf die ganze Pflanze verhindert. Als Testpflanze zur Bestimmung der nekrotischen Fähigkeiten eines Bakterienstamms werden Tabakpflanzen verwendet (*Nicotiana tabacum*). Die zu untersuchten Bakterienstämme werden 24 Stunden auf einem Schräg-Agar inkubiert. Die Zellen werden unter Verwendung von 3-4 ml Kochsalzlösung gewaschen. 15-20 Mikro-Liter davon werden unter die Tabakblattoberfläche mit einer sterilen Spritze injiziert.

Als "positiv" Kontrolle wurde der pflanzenpathogene Stamm *Erwinia carotovora atroseptica* verwendet, als "negativ" Kontrolle der saprotrophe Stamm *Escherichia coli*. Die Überempfindlichkeitsreaktion ist in der Lamina 24-72 Stunden nach der Inokulation an der Injektionsstelle der Bakteriensuspension durch eine Schwärzung manifestiert. Die resultierende Reaktionsüberempfindlichkeit am Blatt der Tabakpflanze *Nicotiana tabacum* zeigt Abbildung 12c.

***Phytopathogene versus stickstoffbindende und phosphormobilisierende Bakterien***

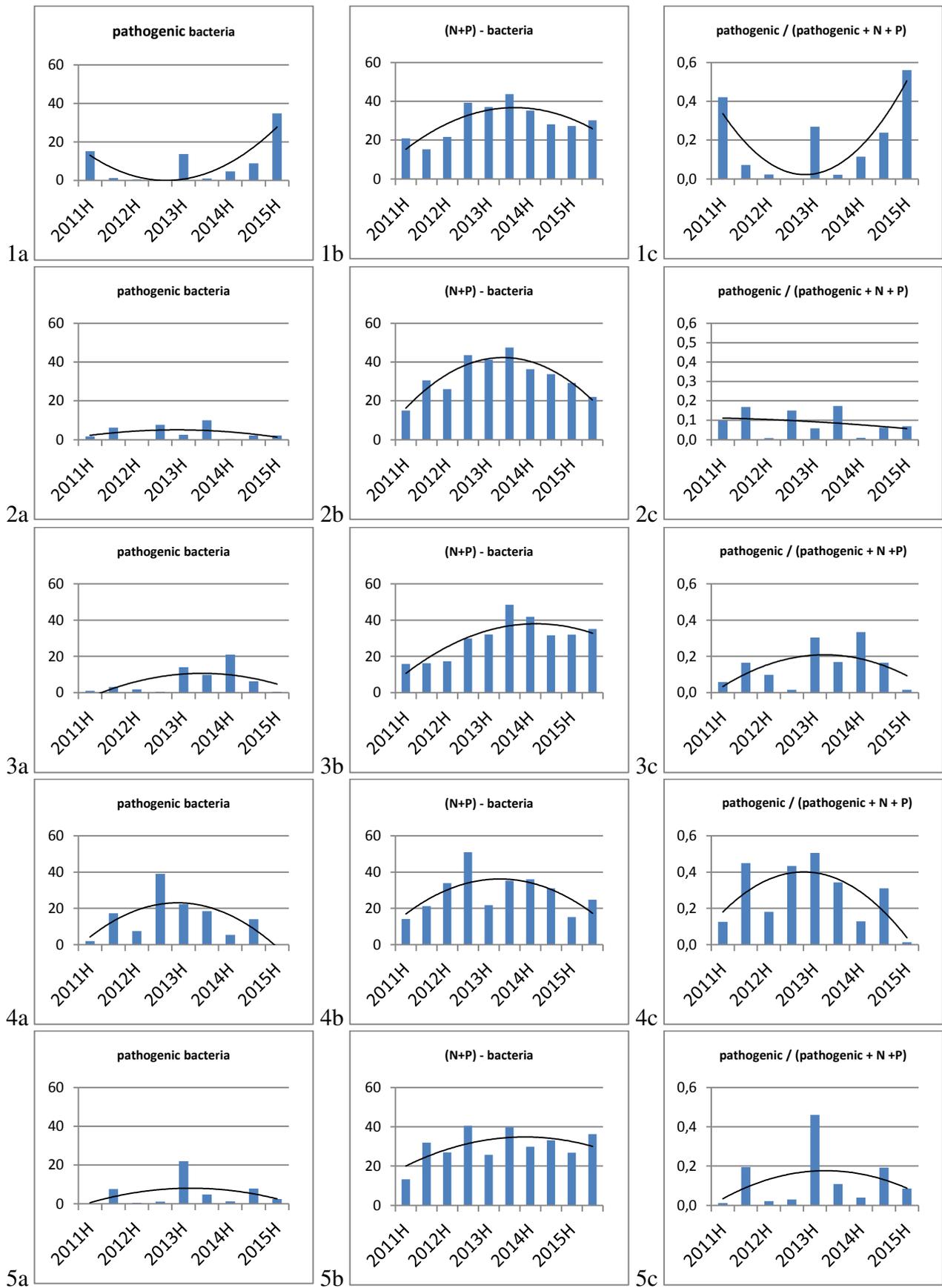
Über einen Zeitraum von 5 Jahren wurden auf 5 Praxisflächen des Tandem<sup>12/21</sup>- Programms die zeitliche Entwicklung der Konzentration phyto-bakterieller Bakterien /17/, luftstickstoffbindender Bakterien und phosphormobilisierende Bakterien /18/ bestimmt. Die Messungen erfolgten an Bodenproben, die Ende März bzw. Ende Oktober entnommen wurden. Die Flächen 1 und 2 waren Kontrollflächen, die Kulturen auf den Flächen 3,4,5 wurden jeweils im Frühjahr mit einer Phytohormon-Huminsäure-Kombination (2011: Future, ab 2012:Tandem F), die Böden der Flächen 3,4,5 wurden ab 2012 nochmals im Herbst mit dem PHC-Präparat Tandem H behandelt. Die Ackerzahl der Praxisflächen und die angebauten Kulturen zeigt Tabelle 6.

***Tabelle 6***

*Fruchtfolge auf den untersuchten Flächen*

Fläche		AZ	2011	2012	2013	2014	2015
1	Kontrolle	32	WW	WG	RP	WW	WG
2	Kontrolle	65	RP	WR	GR	WW	HF
3	Tandem F, H	46	SM	WW	RP	WG	SM
4	Tandem F, H	33	WG	WR	RP	WG	WR
5	Tandem F, H	37	SG	WG	RP	WW	SG

Den zeitlichen Verlauf der Bakterienkonzentrationen und deren Tendenz sowie das Verhältnis phytopatogener Bakterien zu allen bestimmten Bakterien (**pathogenic/(pathogenic+N+P)**) zeigt Abb. 13. Gut erkennbar ist, dass das Verhältnis bei den Kontrollflächen ansteigt oder nahezu konstant ist. Auf den mit Tandem behandelten Flächen beobachten wir nach 2 bis 3 Jahren eine Verschiebung des Verhältnisses zu kleineren Werten, was bedeutet, dass der relative Anteil phytopathogener Bakterien im Boden zurückgeht. Vermutlich schafft die PHC-induzierte Zunahme der luftstickstoffbindenden und phosphormobilisierenden Bakterien eine Nahrungskonkurrenz zuungunsten der phytopathogenen Bakterien. Ponomarenko u.a. konnten zudem zeigen, dass die Phytohormonpräparate der 2. Generation (z.B. Biolan) die Produktion von Antikörpern gegen Phytopathogene in der Pflanzenzelle anregen /19/. Das Phänomen wird zukünftig durch eine größere Probenzahl detaillierter untersucht werden.

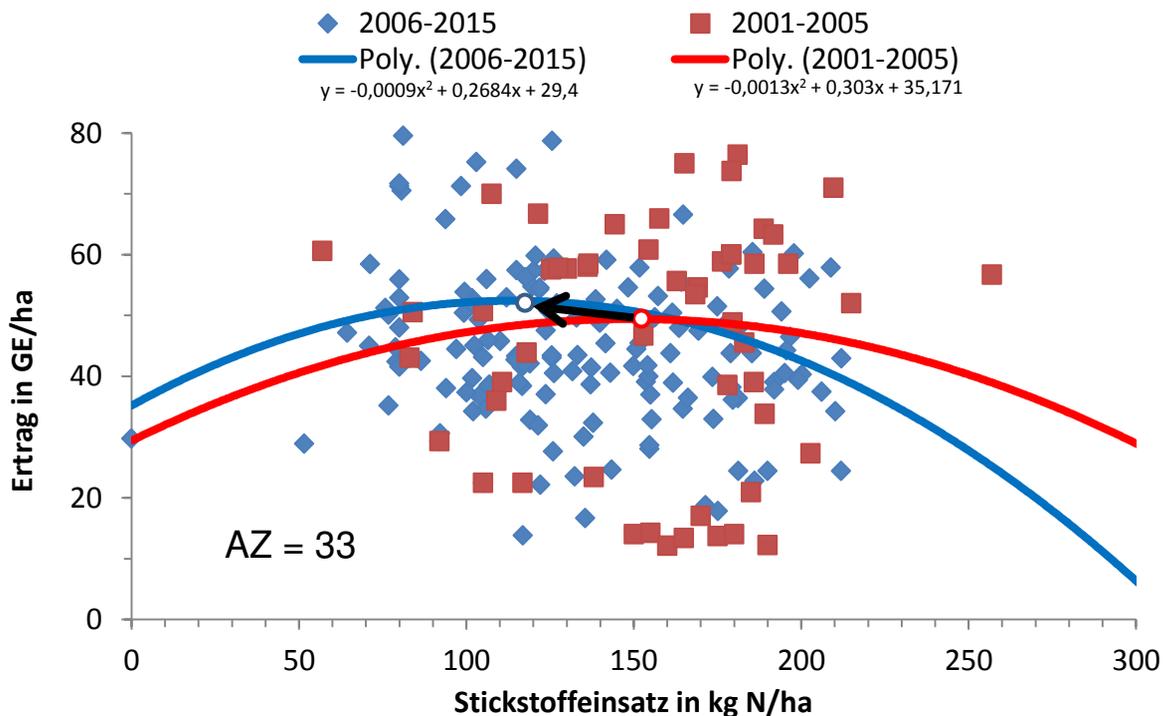
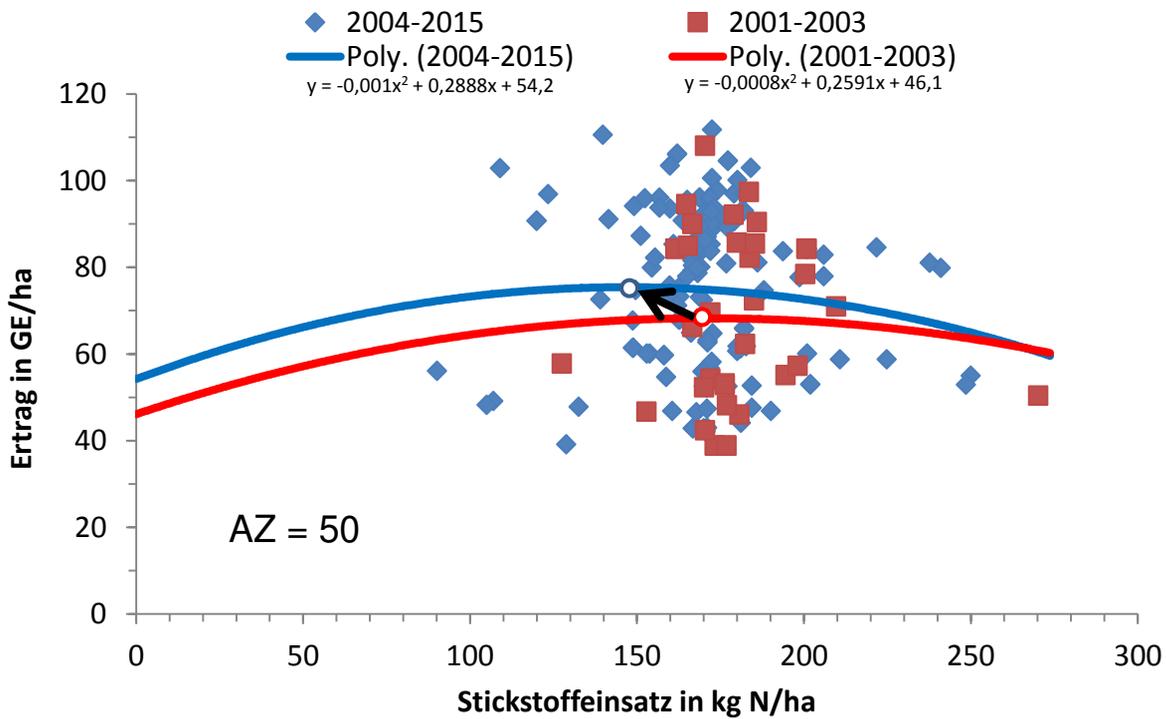


**Abb.13**

Zeitliche Entwicklung pathogener (a), stickstoffbindender N- Bakterien plus phosphorfreisetzender P- Bakterien (b) und des Verhältnisses (c), auf den Praxisflächen 1 bis 5 (Konzentration in Mio. KBE /g)

**Produktivitätssteigerung durch PHC-Behandlung**

Für die in Abb.8 und 9 angeführten Versuchsstandorte in Sachsen (AZ=50) und Brandenburg (AZ=33) zeigen die Abbildungen 14 und 15 die auf GE normierten Erträge in Abhängigkeit vom Düngereinsatz seit 2001, getrennt für die Zeiten ohne und mit PHC-Applikation.



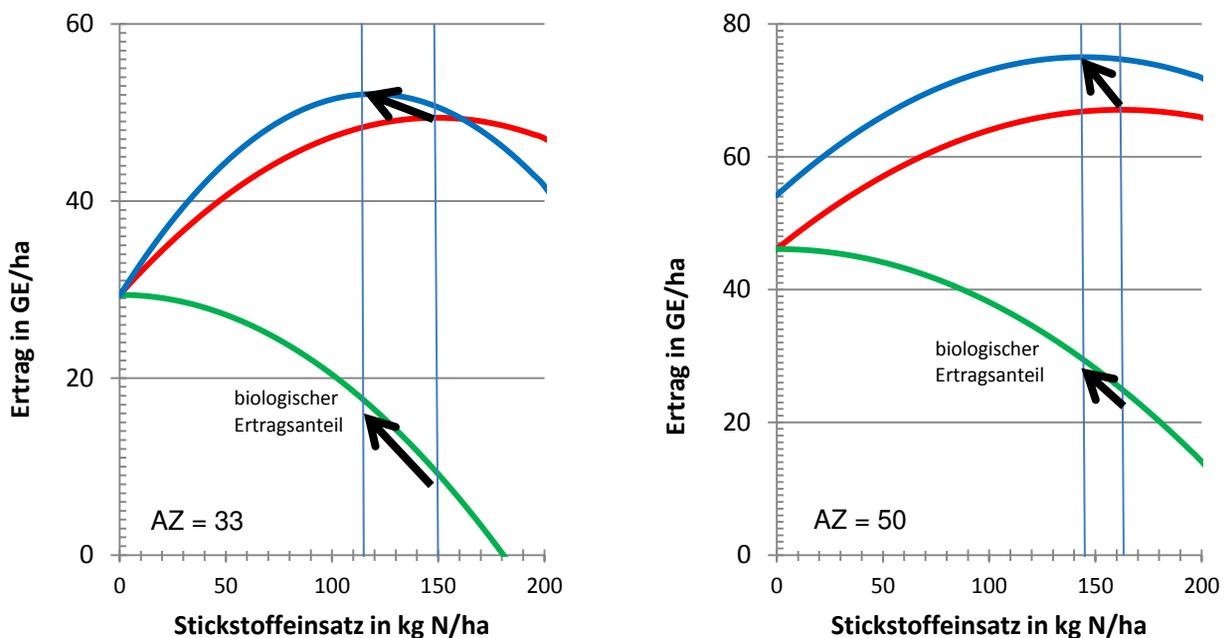
**Abb. 14 und 15:**  
 Verschiebung der Produktionsfunktionen durch PHC-Applikation

Wie Abb. 14 und 15 zeigen, verschieben sich die Maxima der Produktionsfunktionen ( $Y_{max}$ ,  $N_{max}$ ) durch die PHC-Applikation in Richtung höherer Erträge mit geringerem Stickstoffeinsatz:

**Tabelle 7:**
*Stickstoffeinsparung und Ertragszuwachs durch PHC-Applikation*

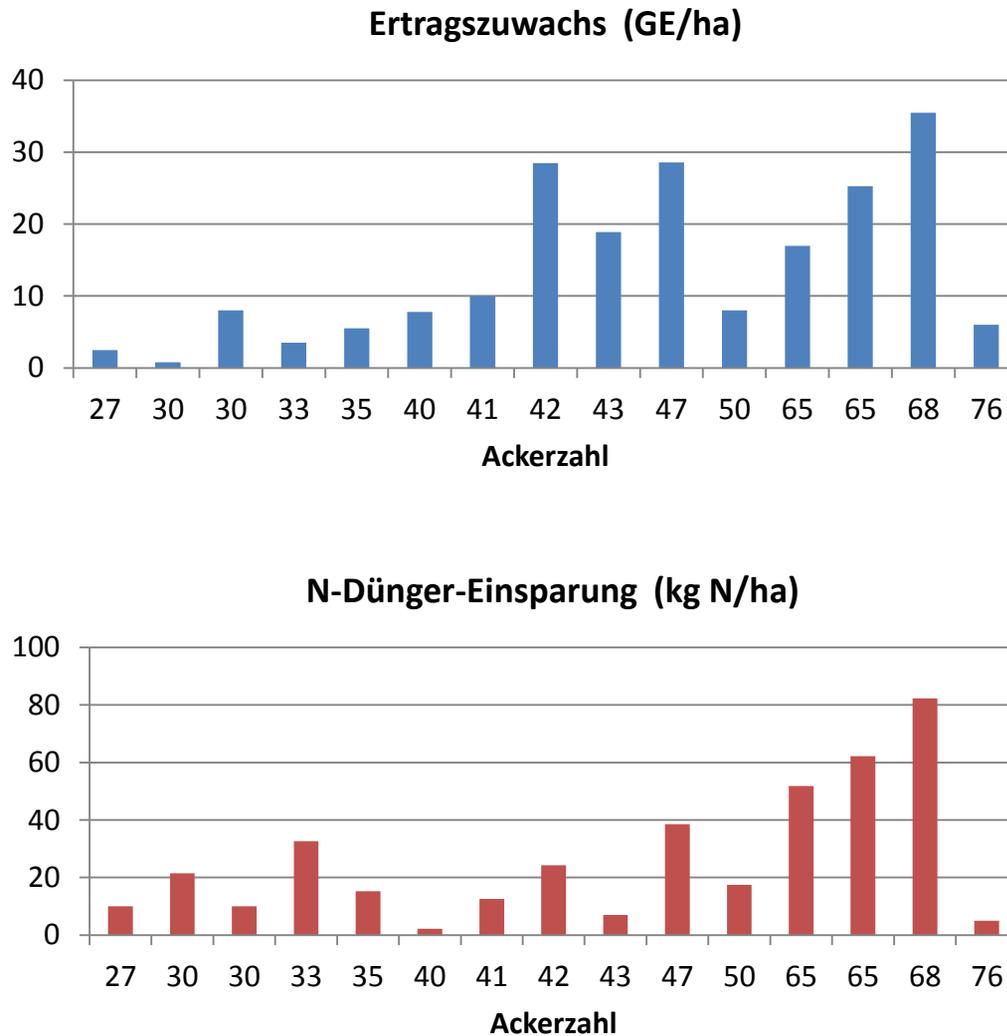
Ackerzahl	$Y_{\max}$ ohne PHC	$N_{\max}$ ohne PHC	$Y_{\max}$ mit PHC	$N_{\max}$ mit PHC	Ertrags- zuwachs	Stickstoff- reduzierung
	GE	Kg N/ha	GE	Kg N/ha		
33	49,4	149,1	52,8	116,5	3,4	-32,6
50	67,1	161,9	75,1	144,4	8,0	-17,5

Nach unserem Modell ist es vor allem die Phytohormon-Komponente in den PHC, die es ermöglicht, das genetische Ertragspotential einer Sorte optimal auszureizen. Phytohormone kontrollieren und regulieren das Wachstum der Pflanzen in allen Entwicklungsphasen, z.B. bei Keimung, Wachstum, Samenreife, Blütenbildung oder Blattabwurf. Sie sind die Botenstoffe, die zwischen den pflanzlichen Gewebeteilen zirkulieren, Informationen transportieren und spezifische Reaktionen auslösen. In einem komplizierten Zusammenspiel verhelfen sie der Pflanze auch, sich an wechselnde Umweltbedingungen (Trockenheit, Temperatur, Boden-pH-Wert) anzupassen. Primär steigern die applizierten PHC die Photosyntheseleistung, indem sie dafür sorgen, dass mehr und schneller Chlorophyll gebildet wird und sich größere Blattflächen ausbilden /20/. Die Gesamtmenge der pro Zeiteinheit produzierten Assimilate steigt und dieses „Mehr“ wird in einem sekundärer Regulierungseffekt in Abhängigkeit von der Wachstumsphase, den klimatischen Faktoren und der Stoffwechselsituation im Wurzelbereich (Nährstoffverfügbarkeit, Wasser) von der Pflanze für eine optimale Reproduktion, also den Ertrag eingesetzt. Von dieser Assimilate-Umverteilung profitieren auch die stickstoffbindenden Bodenbakterien und der Arbeitspunkt des biologischen Ertragsanteils im YEN-Diagramm/21/ verschiebt sich in Richtung höherer Erträge bei weniger Stickstoffdüngereinsatz. Die Produktionsfunktionen verschieben sich fast synchron dazu, wie ein Vergleich in den YEN-Diagrammen der beiden Versuchsstandorte (AZ=33 bzw.50) zeigt.


**Abb.16 und 17:**
*Kalkulierte YEN-Diagramme für die zwei Versuchsstandorte nach Abb. 14 und 15 und die synchrone Verschiebung des biologischen Arbeitspunktes und der Produktionsfunktion*

**Produktivitätssteigerung in Abhängigkeit von der Ackerzahl**

Ergebnisse zur Verschiebung der Maxima der Produktionsfunktionen ( $Y_{max}$ ,  $N_{max}$ ) für 15 Standorte mit unterschiedlichen Ackerzahlen AZ, die drei Jahre und mehr mit PHC behandelt wurden, zeigen die Abb. 18,19. Tendentiell reagieren Schläge mit höheren AZ stärker auf die PHC-Applikation.

**Abb. 18 und 19:**

Verschiebung der Maxima der Produktionsfunktionen ( $Y_{max}$ ,  $N_{max}$ )

**Resümee**

Die nachhaltige Verbesserung der biologischen Bodenfruchtbarkeit ist wichtig. Den Praktiker dürfte aber mehr die Antwort auf die Frage interessieren, ob er N-Dünger ohne Verluste an Produktivität einsparen kann. Die vorläufige Zwischenantwort des Tandem-Programms lautet eindeutig „ja“: Er kann nicht nur Stickstoff einsparen, er erzielt dabei im Schnitt auch noch höhere Erträge. Der Einsatz von PHC ist deshalb ein probates Mittel, die N-Bilanz der deutschen Landwirtschaft bei gleichzeitiger Ertragssteigerung um 15-40 kg N/ha zu verbessern, die Belastung der Umwelt zu reduzieren und den Auflagen der neuen Düngeverordnung besser gerecht zu werden. Die Datenlage wird sich im Laufe des Langzeitprogramms natürlicherweise noch weiter präzisieren. Der monetäre Effekt ist nachhaltig: 1 EUR PHC-Einsatz schlägt, konservativ gerechnet, mit 2 bis 7 EUR Gewinn zu Buche.

**Literatur:**

- /1/ F. Taube „Warum der ganze Stress ?“, DLG-Mitteilungen 3/16, Seite 15-18
- /2/ Nitratbericht 2012 der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn, September 2012, Seite 28
- /3/ Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem, SRU Sachverständigenrat für Umweltschutz, Sondergutachten, Hausdruck Januar 2015, S.180
- /4/ G. Feger „Fragwürdige Helfer“, DGL-Mitteilungen 5/15, Seite 72-73
- /5/ S.Ponomarenko, G.Iutinska, P.Shimenko, K.Nowick, W.Nowick, Pflanzenwachstumsregulatoren – Technologien für eine ökologisch orientierte Landwirtschaft (en), Konferenz SATERRA 99, Universität Mittweida, Mittweida 1999, Tagungsband S. 101
- /6/ Radostim bzw. daRostim-Konferenzen, Tagungsbände: Kiew 2008, Dnepropetrovsk 2009, Krasnodar 2010, Minsk 2011, Kiew 2012, Lwow 2013, Moskau 2014, Syktyvkar 2015, Odessa 2016, www.darostim-conferences.info
- /7/ NEW PLANT GROWTH REGULATORS: Basic research and technologies of application, Chapter 1, Bioregulation of plant growth and development, ed. by S.P.Ponomarenko, L.A.Anishin, O.V.Babayants, Z.M.Hrytsarenko, O.I.Terek, Hu Wenxiu, Y.Y.Borovikov, W.Nowick, P.H.Zhimenko, T.V.Moiseeva, Kiew, Nichlava, 2011
- /8/ S.P. Ponomarenko, O.V. Babjan, S.M. Grizajenko, Pflanzenwachstums-Bioregulatoren, Anwendungsempfehlungen 2014/15 (Übersetzung aus dem Ukrainischen), daRostim-Agentur, Lichtenstein 2015, www.darostim.de
- /9/ Programm „Pflanzenbiotechnologie der Zukunft – PLANT 2030“ (www.mpimp-golm.mpg.de)
- /10/ W.Nowick, I.V.Semenjuk, E.V. Karpenko, Vergleichende Untersuchungen zur Effektivität von Huminsäurepräparaten für die saisonale Bodenapplikation auf Flächen des Programms Tandem<sup>12/21</sup> (russ), 12. daRostim-Konferenz, Odessa 2016, Tagungsband, S.173
- /11/ G. Iutinska, W.Nowick, Resultate zur Dynamik des biologischen Bodenindex bei fünfjähriger regelmäßiger Applikation landwirtschaftlicher Kulturen mit Kombipräparaten aus Phytohormonen und Huminsäuren (russ), 6. Radostim-Konferenz, Krasnodar 2010, Tagungsband S.25
- /12/ W.Nowick, S.Ponomarenko, O.Gladkov , Tandem<sup>12/21</sup> – Das Internationale Langzeitprogramm zur Erhöhung der biologischen Bodenfruchtbarkeit und zum Aufbau einer nachhaltigen biologischen Nährstoffreserve im Boden durch Applikation von Phytohuminsubstanzen PHC (en), 2. Konferenz zu auf Huminstoffen basierenden innovativen Technologien HIT 2012, Lomonossow-Universität Moskau, Moskau 2012, Tagungsband S.39
- /13/ Tandem<sup>12/21</sup> – Das Internationale Langzeitprogramm zur Erhöhung der biologischen Bodenfruchtbarkeit und zum Aufbau einer nachhaltigen biologischen Nährstoffreserve im Boden, Programmbroschüre, DITON, Regis-Breitigen 2011, www.darostim.de
- /14/ Proc. Third International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies and Tenth International Conference daRostim «Humic Substances and Other Biologically Active Compounds in Agriculture» HIT-daRostim-2014, Lomonossow-Universität, Moskau 2014
- /15/ www.tradecorp.com.es – Humifirst®
- /16/ www.belneftesorb.by – gidrogumat (Hydrohumat)
- /17/ I.Feklistova, Laborberichte, Universität Minsk, Biologische Fakultät (unveröffentlicht)
- /18/ G. Yutinska, Laborberichte, Institut für Mikrobiologie und Virologie, Nationale Akademie der Wissenschaften der Ukraine, Kiew (unveröffentlicht)
- /19/ Tsygankova V.A., Galkin A.P., Galkina L.A., Musatenko L.I., Ponomarenko S.P., Iutynska H.O. Genexpression unter regulator-stimuliertem Pflanzenwachstum (en). Siehe /7/ S. 211
- /20/ S.M. Grizajenko., O.V. Golodriga, Sammlung wissenschaftlicher Beiträge der Universität Uman, Uman 2011, Ausgabe 77, Teil 1, Agrochemie, S.166 (ukr).
- /21/ W.Nowick, H.Nowick, V.A.Zinchenko, YEN - Chart - Über die Anteile von chemischem und biologischem Stickstoff bei der Ertragsbildung von Winterweizen am Beispiel der Ukraine und Deutschlands (en), 9. daRostim-Konferenz, Kiew 2012, Tagungsband S. 211

## **Danksagung**

*In diesem Beitrag wurden Ergebnisse verarbeitet, die auf Schlägen der Landwirtschaftsbetriebe in*

*Altoschatz*

*Borna*

*Bückwitz*

*Cavertitz*

*Elsterberg*

*Geithain*

*Gimmel*

*Gnaschwitz*

*Görlsdorf*

*Görzig*

*Gräfendorf*

*Großräschen*

*Großthiemig*

*Hähnichen*

*Harthau*

*Herzogswalde*

*Hirschfeld*

*Hohenkirchen*

*Hohenroda*

*Klitten*

*Kolkwitz*

*Laas*

*Langengrassau*

*Lauenhain*

*Lichterfelde*

*Münchenbernsdorf*

*Naundorf*

*Ostrau*

*Paren*

*Pechern*

*Rackith*

*Reichenbach*

*Sprotta*

*Uftrungen*

*Waldenburg*

*Wiednitz*

*Wülknitz*

*Zodel*

*in den Bundesländern Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Brandenburg erzielt wurden.*

*Der Autor möchte sich an dieser Stelle für die gute Zusammenarbeit recht herzlich bedanken.*

*Prof. Dr. Wolfgang Nowick*

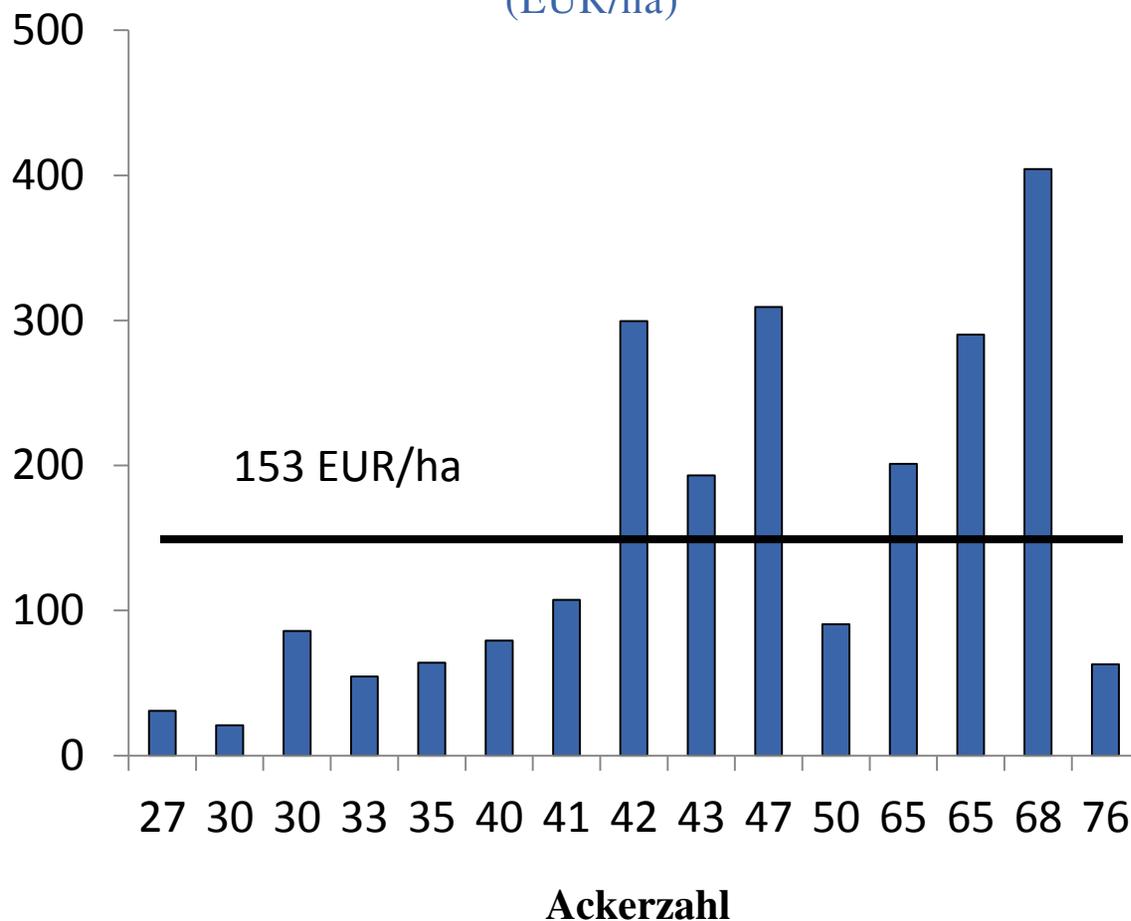
## **Einladung**

*Als Mitglied der Programmkomitees möchte ich Sie im September 2017 nach Almaty, Kasachstan, zur Teilnahme an der nächsten daRostim-Konferenz einladen, wo wir unter anderem weitere Ergebnisse aus dem Internationalen Tandem<sup>21/21</sup> - Langzeitprogramm vorstellen werden.*



**13. daRostim-Konferenz  
Kasachische Nationale Universität Al-Farabi,  
September 2017  
Almaty, Kasachstan**

## Ökonomischer Effekt von PHC-Applikationen ( $\geq 3$ Jahre) an verschiedenen Standorten (EUR/ha)



### Resümee<sup>(\*)</sup>

PHC-Applikationen sind ein probates Mittel, bei gleichzeitiger Ertragssteigerung die N-Bilanz der deutschen Landwirtschaft um 15-40 kg N/ha zu verbessern, Umweltbelastungen zu reduzieren und den Anforderungen der neuen Düngeverordnung besser gerecht zu werden.

Der monetäre Effekt aus Düngereinsparung und Ertragssteigerung ist nachhaltig: 1 EUR PHC-Einsatz schlägt, konservativ gerechnet (0,6 EUR/kg N; 10 EUR/GE), mit 2 bis 7 EUR Gewinn zu Buche.

<sup>(\*)</sup>Tandem<sup>12/21</sup>-Langzeitprogramm (2012-2021) zur Erhöhung der biologischen Bodenfruchtbarkeit und zum Aufbau einer nachhaltigen biologischen Nährstoffreserve (Zwischenstand nach der Ernte 2015)