

Teilflächenspezifische Grunddüngung - praktische Erfahrungen auf Gut Wilmersdorf -

von Stefan Palme, Dipl.-Ing. agr. , 11.01.2012

1. Vorstellung des Betriebes

Auf Gut Wilmersdorf, einem viehlosen Ackerbaubetrieb mit einer Größe von 1.100 ha, wird seit 1996 ökologischer Landbau nach Bioland- und EU-Richtlinien praktiziert. Der Standort befindet sich in der Uckermark zwischen Angermünde und Templin. Der Bereich gehört aus geologischer Sicht zum Jungmoränengebiet der nördlichen pommerischen Eisrandlage. Bei den Böden handelt es sich vorwiegend um Parabraunerden mit Bodenarten, deren Heterogenität teilweise innerhalb eines Schläges von Ackerzahl 20 bis 60, von Sand bis Lehm schwanken kann. Dabei liegt die durchschnittliche Ackerzahl bei 42. Das Relief ist leicht bis mittel kuppig.

Entsprechend der Richtlinien des ökologischen Landbaus werden keine synthetischen Dünger, aber zum Ausgleich der Nährstoffentzüge - und je nach Gehaltsklasse - Mineraldünger aus natürlichen Herkünften eingesetzt. Dies sind aktuell Rohphosphate, Patentkali und Kalkmergel. Die Fruchtfolge besteht aus verschiedenen Getreidearten, Körnerleguminosen sowie Klee-/Luzernegras. Die Leguminosen dienen dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und stellen neben dem Wirtschaftsdünger eines benachbarten Bio-Milchviehbetriebes die wesentliche Stickstoffquelle innerhalb der Fruchtfolge dar.

2. Definition der teilflächenspezifischen Grunddüngung

Der Begriff der teilflächenspezifischen Grunddüngung in seiner allgemeinsten Form wird als Gegensatz zur schlageinheitlichen Düngung gebraucht. Jede Unterteilung des Schläges genügt bereits dieser Anforderung.

Eine teilflächenspezifische Düngung im engeren Sinne hat zum Ziel, die Nährstoffverteilung innerhalb eines Schläges zu berücksichtigen. Das setzt eine Nährstoffgrundinventur voraus, um die Verteilung der Nährstoffgehalte erkennen zu können. (verändert nach AUTORENKOLLEKTIV, 2000)

3. Gründe für die teilflächenspezifische Grunddüngung auf dem Betrieb

Bei der bisherigen herkömmlichen Bodenuntersuchungsmethode, bei der Schläge ohne Berücksichtigung weiterer Kriterien in möglichst einheitliche rechteckige

Parzellen von ca. 5 ha aufgeteilt wurden, ließen sich in der Vergangenheit nur sehr selten Hinweise auf eine zu geringe Nährstoffversorgung oder gar Mangelsituationen finden. Daher wurden Grunddünger nur in Einzelfällen und allenfalls zum Ausgleich der pflanzlichen Entzüge angewendet. Die Gehaltsklassen einschließlich des pH-Wertes bewegten sich in der Regel zwischen C und E. Die bisherige Bodenuntersuchungsstrategie bzw. die daraus resultierenden Ergebnisse erschienen aber immer weniger plausibel, da sich zum einen die Gehaltsklassen häufig erhöhten, obwohl zuvor keine Düngung auf der jeweiligen Parzelle erfolgt war, zum anderen ließ sich ein zunehmend ungleichmäßigeres Wachstum der Luzerne und Kleearten feststellen. Dabei war auffällig, dass diese Arten in den Senken zu Wachstumsdepressionen neigten oder gar völlig ausfielen.

Abbildung 1) zeigt das bisherige Bodenuntersuchungsschema mit dem genannten rechteckigen Teilflächenraster. Auf der rechten Vergrößerung ist ein Beispielsschlag zu erkennen, für dessen vier Teilflächen pH-Werte zwischen 6,2 und 7,2 ermittelt wurden. Entsprechend der Bodenart „lehmiger Sand“ ergab sich daraus keine Notwendigkeit für Kalkungsmaßnahmen. Auch die anderen Grundnährstoffe P und K lagen mit Gehaltsklassen zwischen C und D in einem Bereich, der keine Mangelercheinungen erwarten ließ. Gleichwohl waren besonders auf dieser Fläche in den Senken erhebliche Wachstumsdepressionen bei der Luzerne erkennbar, die sich auf Basis von Stichproben auf einen zu niedrigen pH-Wert $<5,5$ zurückführen ließen. Bei einer derartigen Bodenreaktion sind deutliche Mindererträge auch bei anderen Kulturen, wie Gerste und Weizen anzunehmen (KERSCHBERGER, 1993).

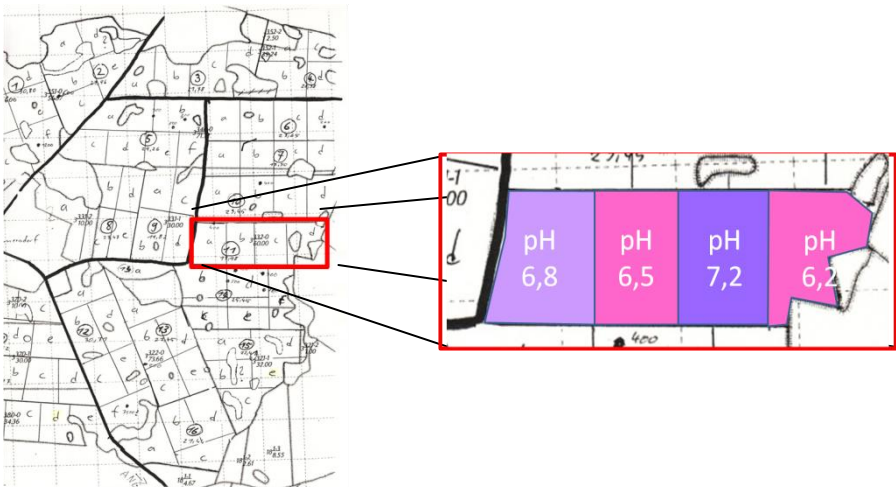


Abb. 1) bisheriges Bodenuntersuchungsschema und pH-Werte

Es wurde daher erforderlich, eine neue Beprobungs- und Düngungsstrategie zu entwickeln, welche die Heterogenität des Standortes besser berücksichtigt, und vor dem Hintergrund der gestiegenen Düngemittelkosten, effizienter mit diesen knapper werdenden Ressourcen umgeht.

4. Bisherige und neue Beprobungsstrategien

Am Schema der linken Spalte von Abbildung 2) lässt sich erkennen, warum die bisherige Form der Rasterbeprobung der Heterogenität des Bodens nicht gerecht werden kann. Bei der Festlegung von Beprobungsstrecken werden dort willkürlich die unterschiedlichen Bodenklassen und entsprechenden Nährstoffgehalte in einem Teilflächenraster zusammengefasst. Zudem können diese Ganglinien in den Folgejahren andere Verläufe nehmen und dann zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Es ist daher erforderlich, anhand von zu definierenden Kriterien (siehe 5.), entsprechende Teilflächen innerhalb eines Schläges voneinander abzugrenzen und diese durch repräsentative und mittels Geodaten dokumentierte Beprobungsstrecken zu untersuchen.

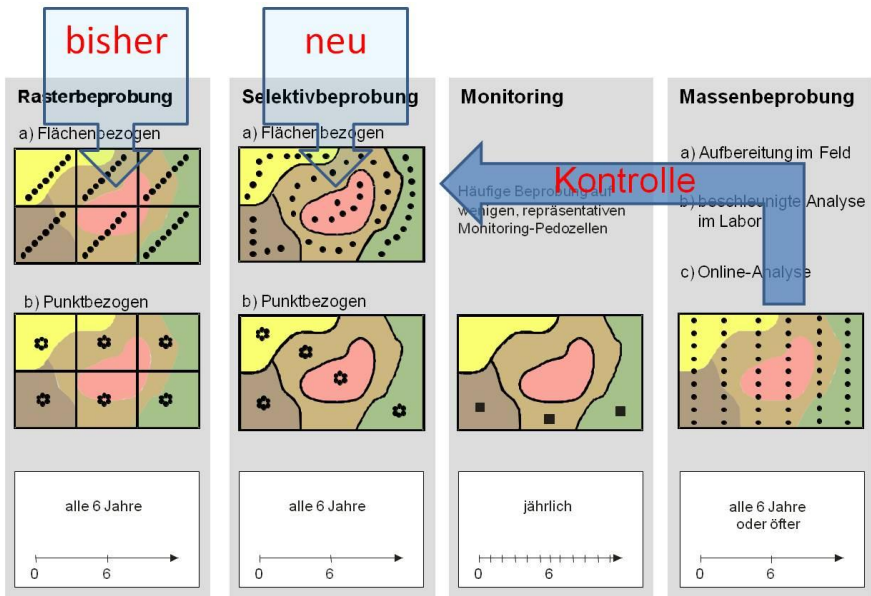


Abb. 2) Bodennährstoffuntersuchungen nach verschiedenen Beprobungsstrategien (verändert nach GEBBERS, R., 2008)

Diese als Selektivbeprobung bezeichnete Untersuchungsmethode wird seit 2008 auf Gut Wilmersdorf praktiziert. Um festzustellen, ob die neuen Teilflächen korrekt festgelegt wurden, untersuchte man repräsentative Schläge mit einem engen Probenahmeraster von 15×12 m und verglich die dabei erzielten Bodenuntersuchungsergebnisse mit der Nährstoffkarte aus der Selektivbeprobung.

Diese in Abbildung 2) in der rechten Spalte dargestellte Methode der Massenbeprobung wurde zunächst bei den pH-Werten mithilfe der sogenannten „Veris Mobile Sensor Platform“ vorgenommen. Dabei handelt es sich um ein am Schlepper angehängtes Gerät, das mithilfe einer hydraulisch absenkbaren pH-Elektrode fortlaufende Untersuchungen während der Überfahrt vornimmt. Die dabei gewonnenen Werte werden mit den Geländekoordinaten eines integrierten GPS-Empfängers verknüpft und auf einer Chipkarte dokumentiert.

5. Bewertung der verfügbaren Werkzeuge zur Teilflächenbildung

Um Teilflächen festzulegen, bieten sich eine Reihe von Werkzeugen an, mit denen Bereiche gleicher oder zumindest ähnlicher Bodeneigenschaften unterschieden werden können: neben der Reichsbodenschätzung kommen hierfür Luftbildaufnahmen, Ertragskarten, Spektralaufnahmen des Pflanzenbestandes, Höhenmodelle und die Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit infrage.

Im Vergleich zu den übrigen genannten Unterscheidungsmerkmalen zeigte sich, dass die **Reichsbodenschätzung** ein zu schematisiertes Abbild der wesentlich kleinräumiger wechselnden Böden des Standortes ergibt.

Luftbildaufnahmen werden der Heterogenität eher gerecht, allerdings sind etwaige Helligkeits- und Farbunterschiede der Böden häufig nur schwer zu erkennen.

Bei den **Höhenmodellen** wird auf dem Standort ein Zusammenhang zwischen dem Relief und der Bodenreaktion bzw. dem pH-Wert deutlich. Auf diesen Umstand wird im Zusammenhang mit der elektrischen Bodenleitfähigkeit näher eingegangen.

Inwieweit sich die **spektrale Reflexion** des Pflanzenbestandes als geeignetes Hilfsmittel zur Festlegung von Teilflächen eignet, kann hier noch nicht beurteilt werden, da dieses Werkzeug auf Gut Wilmersdorf erst seit kurzem untersucht wird.

Seit 2004 kommen Mährescher zum Einsatz, die mit Ertragsmessgeräten ausgestattet sind. Mit den **Ertragskarten** ist eine detailgetreue Abbildung von Bodenunterschieden möglich, vorausgesetzt, die erhobenen Daten beinhalten mindestens drei bis fünf Erntejahre. Zum einen geben die Ertragskarten die komplexen räumlichen Strukturen differenziert wieder, zum anderen sind die Werte bei der teilflächenspezifischen Düngebedarfsermittlung unerlässlich, um die jeweiligen Nährstoffentzüge durch das Erntegut berechnen zu können.

Allerdings zeigte sich häufig kein Zusammenhang zwischen der Ertragsverteilung und den pH-Werten. Es gab Übergänge, an denen sich der pH-Wert stark änderte, ohne dass dies einen Einfluss auf die Erntemenge hatte, und umgekehrt, ließen sich Ertragsunterschiede häufig nicht durch eine Änderung des pH-Wertes erklären.

Im Gegensatz dazu wurde eine sehr enge Korrelation zwischen der mittels Massenbeprobung erstellten pH-Karte und der elektrischen **Bodenleitfähigkeit** festgestellt. Diese Übereinstimmung konnte auf allen untersuchten Schlägen des Betriebes nachgewiesen werden. Als Messmethode der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens kommt grundsätzlich das Verfahren nach dem „Prinzip der Induktion“ (EM 38) oder das „Gleichstrom-geoelektrische Verfahren“ (Veris 3100) in Betracht. Dabei zeigte sich, dass die letztgenannte Methode deutliche Vorzüge gegenüber dem EM 38 aufweist, da sie Absolutwerte misst, keine Kalibrierung des Gerätes erforderlich ist und von zeitlich veränderlichen Größen, wie Temperatur und Bodenfeuchte weniger beeinflusst wird.

Abbildung 3) zeigt den Beispielschlag mit der Darstellung der Bodenleitfähigkeit. Dabei weisen helle Bereiche eine hohe und dunkle Zonen eine niedrige Leitfähigkeit auf.

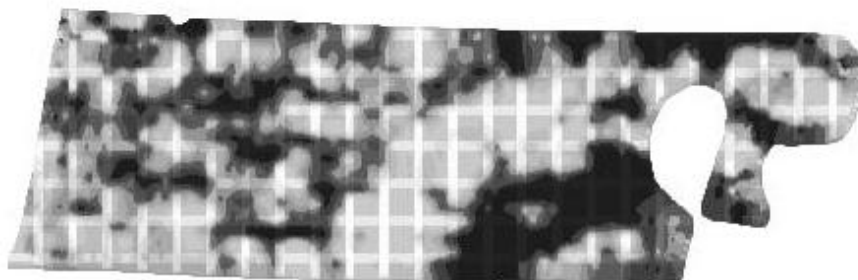


Abb. 3) Darstellung der Bodenleitfähigkeit des Beispielschlages

Abbildung 4) zeigt, wie Teilflächen anhand der Messung der Bodenleitfähigkeit festgelegt werden können. Innerhalb der unterteilten Bereiche wurden danach Beprobungsstrecken mit 20-25 Einstichen pro Teilfläche definiert und entsprechende Mischproben gezogen. Die dargestellten Werte zeigen die jeweiligen pH-Werte aus den Bodenuntersuchungen an. Auffallend ist dabei die große Spanne zwischen pH 5,6 und pH 7,3. Somit wird zumindest beim Boden-pH deutlich, dass die Bildung der Teilflächen nach dieser Methode deutlich differenziertere und zuverlässigere Ergebnisse liefert, als die bisherige in Abb. 1) dargestellte Einteilung in willkürlich festgelegte rechteckige Raster.

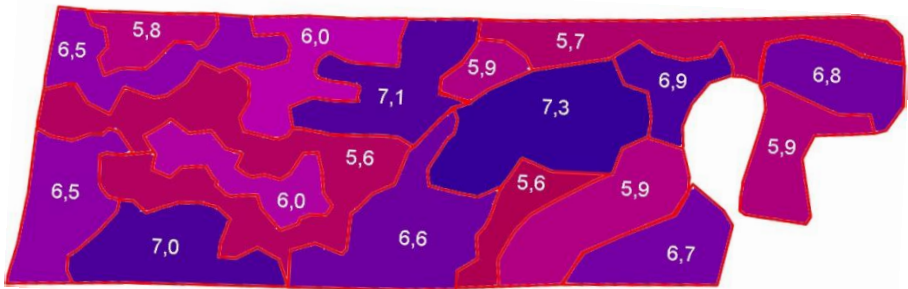


Abb. 4) Festlegung der Teilflächen anhand der Bodenleitfähigkeit und Darstellung der jeweiligen pH-Werte

Wie auch auf allen übrigen Schlägen des Betriebes, zeigte sich auf den Kuppen eine neutrale bis alkalische Bodenreaktion $> \text{pH } 7$, während die Senken Werte von $\text{pH } 5 - 6$, teilweise auch darunter, aufweisen. Dieses Phänomen ist bei vielen eiszeitlich geprägten Standorten wie der Uckermark seit längerem bekannt (SCHMIDT, 1991). Im Zuge der ackerbaulichen Nutzung wurde der humose Oberboden durch Wind- und Wasserabtrag von den Kuppen in die Senken verlagert, was dazu führte, dass der darunterliegende kalkhaltige Geschiebemergel nach und nach „hochgepflügt“ wurde und zu einer pH-Wert-Erhöhung der Oberkrume führte. Das verlagerte humose Bodenmaterial, das sog. Kolluvium, reicherte sich in den Senken in einer Mächtigkeit von bis zu mehreren Metern an. Die weit unter dem Optimum liegenden pH-Werte der Senken sind dadurch zu erklären, dass das Relief bei der bislang praktizierten Bodenprobennahme nicht berücksichtigt bzw. Mischproben aus Kuppen- und Senkenmaterial gezogen wurden. Folglich ließen die dabei erhaltenen Ergebnisse eine Kalkung auf dem Gesamtschlag als nicht notwendig erscheinen.

Es bleibt festzuhalten, dass das hohe Ertragspotential der humusreichen, tiefgründigen Senken aufgrund der unzureichenden oder gar vollständig unterlassenen Kalkungsmaßnahmen bislang nicht ausgeschöpft wurde. Es verwundert zudem nicht, dass Wuchsschäden bei der Luzerne in den Senken zu erkennen sind, da diese Kultur auf saure Bodenverhältnisse empfindlich reagiert.

Woraus erklärt sich aber der Zusammenhang zwischen dem pH-Wert und der elektrischen Bodenleitfähigkeit? Grundsätzlich korreliert das Messsignal mit dem Salz- und Tongehalt, dem Wassergehalt und dem Gehalt an organischer Substanz (BOBERT et al., 2008). Dieser Zusammenhang wurde auch auf den Betriebsflächen deutlich. Es trat jedoch die Besonderheit auf, dass bei Vorliegen des kalkhaltigem Geschiebemergels der Kuppen hohe Leitfähigkeiten ermittelt wurden, während das Kolluvium der Senken niedrige Messwerte ergab. Der Einfluss des Reliefs auf die Bodenreaktion, der sich bei einer dreidimensionalen Visualisierung der pH-Karte mithilfe des Höhenmodells besonders gut darstellen lässt, überprägt dabei alle anderen genannten Einflussfaktoren auf die Bodenleitfähigkeit deutlich.

Da sich die Bodenreaktion nicht nur direkt, sondern aufgrund des Einflusses auf die Löslichkeit anderer Nährstoffe, auch indirekt auf das Ertragsniveau auswirkt, steht die Kalkung im Zentrum einer angepassten Düngungsstrategie. Durch den beschriebenen engen Zusammenhang zwischen dem pH und der elektrischen Leitfähigkeit wird dieses Messverfahren daher vorrangig zur Festlegung der Teilflächen verwendet. Dadurch ist es erstmalig möglich geworden, eine standortgerechte und differenzierte Kalkdüngung durchführen zu können. Liegen innerhalb der dabei gebildeten Teilflächen unterschiedliche Ertragshöhen vor, werden die entsprechenden Bereiche zusätzlich unterteilt bzw. abgegrenzt. Somit kann durch die kombinierte Auswertung von Leitfähigkeits- und Ertragsmessungen für diesen sowie vergleichbare Standorte gewährleistet werden, dass sich die Düngung der Grundnährstoffe am teilflächenspezifischen Optimum - abhängig vom Pflanzenentzug und Bodennährstoffgehalt - ausrichtet.

6. Applikation des Düngers

Um

- Rohdaten, wie Bodenleitfähigkeit und Erträge auszuwerten,
- Teilflächen zu definieren,
- Beprobungstrecken festzulegen,
- den entsprechenden Düngerbedarf zu ermitteln,
- diesen auf einer Applikationskarte zu hinterlegen,
- und den Düngerstreuer mit darin hinterlegten Werten anzusteuern,

bedarf es geeigneter Soft- und Hardware sowie umfangreiche Kenntnisse in deren Anwendung. Im Regelfall werden diese Leistungen daher an erfahrene Dienstleister vergeben. In Wilmersdorf wurde das Vorhaben mit Unterstützung von Experten der FH Osnabrück selbständig durchgeführt. Die Bearbeitung der Rohdaten und die Festlegung der Teilflächen erfolgte dabei mit dem Programm "Open Jump", einem graphischen Informationssystem (GIS), das frei im Internet verfügbar ist, für diese Anwendung jedoch mit einigen Zusatzprogrammen der FH Osnabrück ergänzt wurde. Die Ermittlung des Düngebedarfs erfolgt mit einem selbst entwickelten Tabellenkalkulationsprogramm auf Grundlage der „Richtwerte für die Düngeverordnung des Landes Brandenburg“. Die dabei errechneten Ausbringungsmengen werden im GIS hinterlegt. Damit ist die sogenannte Applikationskarte vollständig. Die standardisierten Formate der Applikationskarte müssen nun noch in Steuerbefehle an den Düngerstreuer „übersetzt“ werden. Das Bedienterminal des Streuers wird zu diesem Zweck mit einem handelsüblichen Pocket-PC incl. GPS-Empfangsteil und einer geeigneten Software angesteuert (siehe Abbildung 5).



Abb. 5) Ansteuerung des Düngerstreuers mit Pocket-PC und Software „Farm Site Mate“ von Farmworks

Soll das Vorhaben an einen Dienstleister vergeben werden, ist nicht nur darauf zu achten, dass die Teilflächen- und Applikationskartenerstellung transparent und fachlich fundiert erfolgt, sondern dass die Daten auch in das Eigentum des

Auftraggebers übergehen. Andernfalls ist ein späterer Wechsel des Anbieters nur mit erheblichem Schaden verbunden.

Desweiteren muss beachtet werden, dass bei kleinräumig wechselnden Bodenverhältnissen Streubreiten von mehr als 24 m nicht ratsam sind. Ebenfalls ist zu prüfen, ob Mehrnährstoffdünger den Zielen der teilflächenspezifischen Düngung widersprechen. Hier ist eine Abwägung zwischen dem Ausbringungsaufwand und der Effizienz der Düngungsmaßnahme vorzunehmen.

7. Ökonomische Betrachtung

Im Zuge der teilflächenspezifischen Untersuchung der pH-Werte konnten bei 25 % der Ackerflächen Gehaltsklassen von A bis B festgestellt werden. Derartige niedrige Versorgungsstufen waren bei der bisherigen Beprobungsstrategie aus den in 5. genannten Gründen nicht erkennbar. Je nach Kulturart und Versauerungsgrad ist in diesen Zonen unter Zugrundelegung von Ergebnissen verschiedener Feldversuche mit Minderträgen von 20-40 % gegenüber dem pH-Optimum zu rechnen (KERSCHBERGER, 1993; ROGASIK et al., 2005, SCHERER, 2005). Daraus ergäbe sich ein kalkulatorischer Mehrertrag durch die teilflächenspezifische Gesundungskalkung in Höhe von 5-10 %, bezogen auf die Gesamtbetriebsfläche. Dies entspräche bei derzeitigem Ertragsniveau und Marktpreisen einem Mehrertrag von 45-90 € pro Hektar und Jahr. Dabei sind etwaige Mehrerträge oder Einsparungen durch eine effizientere Ausbringung der übrigen Grundnährstoffe noch nicht berücksichtigt. Ob diese Annahmen zutreffen, wird in den nächsten Jahren durch die Auswertung von Nullparzellen näher untersucht.

Dem oben angenommenen Mehrertrag steht ein Aufwand für die Anschaffung der Hardware (Zusatzausrüstung Düngerstreuer, Pocket-PC), Software und der Beprobungsmehraufwand von 18 € pro Hektar und Jahr gegenüber.

8. Schlussfolgerungen

Durch Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit lassen sich erodierte, vom Kalkmergeluntergrund bestimmte Kuppen von humusreichen, zur Versauerung neigenden Senken deutlich unterscheiden. Es kann daher angenommen werden, dass sich die Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit zur Festlegung der Teilflächen auf vergleichbaren eiszzeitlich geprägten Standorten besonders eignet.

Georeferenzierte Ertragskarten sind bei der Düngebedarfsermittlung nötig, um die teilflächenspezifisch relevanten Nährstoffentzüge zu ermitteln.

Das Vorhaben „auf eigene Faust“ durchzuführen, ist sehr aufwändig und ohne Kenntnisse oder Unterstützung bei der benötigten Soft- und Hardware nicht zu empfehlen. Bei der Vergabe an Dienstleister sind Qualität und Kosten der Leistung sowie die Geschäftsbedingungen kritisch zu prüfen.

Durch das Verfahren konnte festgestellt werden, dass auf 25 % der Ackerflächen die Notwendigkeit einer Gesundungskalkung besteht. Der sich allein aus der Verbesserung des pH-Wertes anzunehmende Mehrertrag dürfte den Aufwand für die teilflächenspezifische Grunddüngung um ein Vielfaches übersteigen.

Besonderer Dank an:

Arnd Kielhorn, Dr. Stefan Hinck, F·A·R·Msystem – Datenmanagement für precision farming, www.farmsystem.de

Dr. Robbin Gebbers, Institut für Agrartechnik Bornim e. V., www.atb-potsdam.de

Prof. Eckart Kramer, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, www.hnee.de

Prof. Dr. Rolf Schmidt †, Eberswalde

Quellenangaben:

AUTORENKOLLEKTIV (2000): Georeferenzierte Bodenprobennahme auf landwirtschaftlichen Flächen als Grundlage für eine teilflächenspezifische Düngung mit Grundnährstoffen. Standpunkt VDLUFA: 1-8. zit. in Domsch, H. et al. (2009): Teilflächenspezifische Grunddüngung. Bornimer Agrartechnische Bericht, Heft 72)

BOBERT, J., WENKEL, K-O., MIRSCHEL, W., WIELAND, R. (2008): Erstellung von Ertragszielkarten mit Anwenderwissen und Fuzzy-Logic, in Vortrag Preagro II Abschlusskonferenz, 20.-22.02.2008, Berlin

GEBBERS, R., (2008): Fehleranalyse im System der ortsspezifischen Grunddüngung. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik Heft 474

KERSCHBERGER, M. (1993): Mittlere Ertragsseinbußen durch unzureichende Kalkung, in Landwirtschaftsblatt Weser-Ems 30/1993

ROGASIK, J., KURTINECZ, P., PANTEN, K., FUNDER, U., ROGASIK, H., SCHROETTER, S., SCHNUG, E. (2005): Kalkung und Bodenfruchtbarkeit, in Landbauforschung Völkenrode, Special Issue 286, 71-82

SCHERER, H.(2005): Kalk und Nährstoffverfügbarkeit, Vortrag Agritechnica

SCHMIDT, R. (1991): Standortbedingte Ursachen lokaler Versauerung auf Ackerböden, in Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenk., Berlin 35 (1991) 2, 95-102