

Tagungsbeitrag zur:
Vortrags- und Exkursionstagung der Arbeitsgruppe Bodenschätzung und Bodenbewertung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft am 11. und 12. September 2008 in Weimar
Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), www.dbges.de

Rötscher, T.¹⁾, Christen, O.^{2.1)} und Spilke, J.^{2.2)}

Zusammenhänge zwischen Wertzahlen der Bodenschätzung und dem Naturalertrag auf einem Ackerschlag in Thüringen II

1. Zusammenfassung

Auf einem 44,15 ha großen Ackerschlag am nordöstlichen Rand des Thüringer Beckens wurden die Zusammenhänge zwischen Bodenzahlen der Bodenschätzung und Ertragsdaten vom Mähdrescher aus acht Erntejahren (2000 - 2007) untersucht.

Die Zusammenhänge zwischen Bodenzahlen und Ertrag sind in allen Erntejahren positiv.

Die Ausprägung der Zusammenhänge in den einzelnen Jahren steht in einer erkennbaren Beziehung zur Klimatischen Wasserbilanz im Frühjahr und Frühsommer vor der Ernte (KWB III-VII) und wird möglicherweise zusätzlich durch den Deckungsgrad der Ertragskartierung beeinflusst.

Anhand einer mehrjährigen Betrachtung kann der Zusammenhang zwischen Bodenzahlen und Ertrag besonders deutlich nachgewiesen werden.

Schlüsselworte: Bodenschätzung, Ertragskartierung, Ertragspotential, Ertragsdifferenzierung

2. Einführung

Die Bodenzahlen der Bodenschätzung sollen die durch die Bodenbeschaffenheit bedingten Unterschiede in der natürlichen Ertragsfähigkeit von Ackerstandorten zum Ausdruck bringen [1].

Bodenschätzungsdaten sind heute zunehmend in digitaler Form und mit Geokoordinaten verfügbar. Die Ertragskartierung am Mähdrescher

liefert gleichsam mit jeder Ernte geokodierte Informationen über den Ernteertrag eines Feldes. Die Verschneidung beider Informationen im GIS ermöglicht es zu überprüfen, inwieweit die Bodenzahlen auf heterogenen Schlägen die räumlichen Unterschiede in der Ertragsfähigkeit widerspiegeln.

Der vorliegende Beitrag knüpft an eine Untersuchung aus dem Jahr 2006 an, in der anhand von Ertragsdaten aus den Jahren 2000 - 2005 bereits deutliche Zusammenhänge zwischen Bodenzahlen und Ertrag nachgewiesen werden konnten [2]. Nachfolgend wird diese Auswertung mit einer geringfügig veränderten Methodik wiederholt und um die Erntejahre 2006 und 2007 erweitert.

3. Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt am nordöstlichen Rand des Thüringer Beckens und gehört mit etwa 550 mm Jahresniederschlag zum mitteldeutschen Trockengebiet [3].



Abb. 1: Luftbild des Schlages

Auf dem 44,15 ha großen Ackerschlag (Abb. 1) - den das Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut in Butteltstedt bewirtschaftet - wird anstehendes Gestein des Unteren Keuper mehr oder weniger mächtig von Löss überdeckt. Das hat zur Bildung von Schwarzerden, Pararendzinen, Rendzinen sowie Kolluvisolen geführt. Die Ergebnisse

¹⁾ Thüringer Landesfinanzdirektion Erfurt, Bodenschätzung

^{2.1)} Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur f. Allgemeinen Pflanzenbau und Ökologischen Landbau

^{2.2)} Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Arbeitsgruppe Biometrie und Agrarinformatik

der Bodenbildung spiegeln sich auch in einer entsprechend heterogenen Bodenschätzung wider. Die Bodenklassen reichen beispielsweise von L2L₀ über teils sandige Böden bis zum T5V. Die Bodenzahlen an den Bohrungen der Bodenschätzung (n = 331) liegen zwischen 36 und 91, der Mittelwert beträgt 68,58 und die Standardabweichung 10,83.

Für die Untersuchung standen Ertragsdaten aus acht Erntejahren (2000 - 2007) zur Verfügung. Die Flächendeckung der Ertragskartierung war nicht in allen Jahren vollständig. Die Anzahl der Ertragsmesspunkte in den Rohdaten lag jahresbezogen zwischen 3.024 und 8.982. Insgesamt wurden auf dem Schlag bisher 50.754 Ertragsmesspunkte kartiert.

Die Untersuchung der Beziehung zwischen Bodenzahlen und Ertrag erfolgte im Anschluss an die folgenden Vorbereitungsschritte:

- Kriging-Interpolation der Bodenzahlen,
- Aufbereitung der Ertragsdaten,
- Verschneidung der Daten im 30 x 30 m-Raster.

Die Kriging-Interpolation der Bodenzahlen wurde im Programm *Open-Jump* [4] durchgeführt. Das empirische Variogramm wurde auf der Grundlage von 10 Entfernungsklassen über eine Reichweite von 400 m berechnet.

An das Berechnungsergebnis wurde ein sphärisches Variogrammmodell mit den Schätzwerten: Kernvarianz (*nugget*) 36, Schwellenwert (*sill*) 92 und Reichweite (*range*) 235 m angepasst.

Die Interpolation der Bodenzahlen der ursprünglichen Bohrungen in die Fläche wird als vorteilhaft angesehen, um

- den allmählichen Bodenwechsel zwischen benachbarten, stark unterschiedlichen Bohrungen abzubilden;
- unterschiedliche Schätzgraster auszugleichen;
- möglichst viele der angefallenen Ertragsmesspunkte nutzen zu können.

Die Ertragsdaten wurden mit dem *Expert-Filter* [5] bereinigt. Der *Expert-Filter* berücksichtigt im Filteralgorithmus entscheidende Fehlerquellen der Ertragskartierung. Das sind beispielsweise die Füllzeit des Dreschwerks, mögliche schmale Restbeete, GPS-Fehler sowie extrem hohe bzw. extrem niedrige Ertragswerte.

Die bereinigten Ertragsdaten wurden fruchtartenspezifisch auf ein einheitliches Feuchteniveau sowie - als Grundlage der mehrjährigen Betrachtung - in Relativerträge, bezogen auf den mittleren Ertrag der jeweiligen Ernte, umgerechnet.

Die Zusammenführung (Verschneidung) der Ausgangsgrößen Bodenzahl und Ertrag erfolgte im 30 x 30 m-Raster im GIS *TopoL* [6].

Für jedes Erntejahr wurde eine einfache lineare Regressionsanalyse über die Beziehung der durchschnittlichen Ernteerträge in den Rasterzellen zu den interpolierten Bodenzahlen durchgeführt.

Abschließend erfolgte die Berechnung noch einmal für alle Ernten gemeinsam.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Interpolation der Bodenzahlen und deren Zusammenfassung im 30 x 30 m – Raster führt zu dem beabsichtigten Ausgleich zwischen stark unterschiedlichen Bohrungen; die Bodenzahlenspanne beträgt nach dieser Vorbereitung noch 48 bis 95 (Abb. 2).

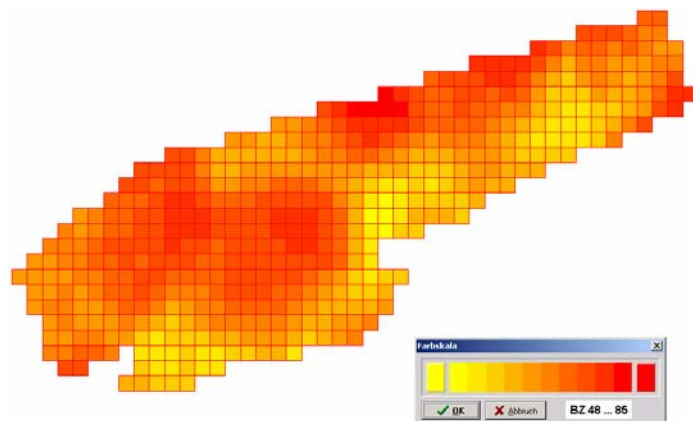


Abb. 2: Bodenzahlen im 30 x 30 m-Raster

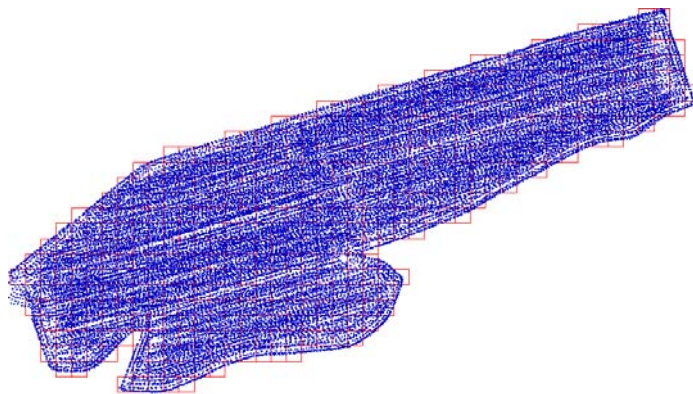


Abb. 3: gefilterte Ertragsdaten (alle Ernten)

Durch den Einsatz des *Expert-Filters* werden im Durchschnitt etwa 26 % der Ertragsrohdaten entfernt. Die Beseitigung der fehlerhaften Messpunkte führt gleichzeitig dazu, dass der mittlere Ertrag in den gefilterten Datensätzen im Durchschnitt um etwa 14 % gegenüber den Rohdaten ansteigt.

Von den kartierten Ertragsmesspunkten aller Ernten (50.754) stehen nach der Aufbereitung noch insgesamt 37.223 für die Auswertung zur Verfügung (Abb. 3).

Tabelle 1: Erntejahre, Fruchtarten, Anzahl gültiger Ertragsmesspunkte, Klimatische Wasserbilanz März bis Juli und Bestimmtheitsmaße der linearen Regression des Ernteertrags zu den Bodenzahlen

Erntejahr	Fruchtart	EP [Anzahl]	KWB _{III-VII} [mm]	Bestimmtheitsmaß
2000	WWV	2.362	-181	$r^2 = 0,1337$
2001	WWV	5.823	-115	$r^2 = 0,1045$
2002	Raps	3.562	-126	$r^2 = 0,1859$
2003	WWV	6.797	-303	$r^2 = 0,3549$
2004	Erbsen	2.903	-104	$r^2 = 0,0978$
2005	WWV	3.154	-200	$r^2 = 0,1289$
2006	Raps	6.760	-225	$r^2 = 0,3135$
2007	WWV	5.862	-86	$r^2 = 0,3174$

Die Zusammenhänge zwischen Bodenzahlen und Ernteertrag auf dem vorgestellten Schlag sind in jeder der acht untersuchten Ernten positiv. Die Bestimmtheitsmaße der linearen Regressionsfunktionen liegen in den einzelnen Jahren zwischen $r^2 = 0,10$ und $r^2 = 0,35$ (Tabelle 1).

In den Jahren 2003, 2006 und 2007 sind die Bestimmtheitsmaße besonders hoch.

Betrachtet man hierzu die Anzahl der auswertbaren Ertragsmesspunkte (Tabelle 1) in den Erntejahren, fällt auf, dass besonders deutliche Beziehungen zwischen Bodenzahlen und Ertrag meist dann nachgewiesen werden können, wenn verhältnismäßig viele Ertragsmesspunkte vorliegen.

Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass bei unvollständigen Kartierungen nicht immer die gesamte Heterogenität des untersuchten Standortes durch die Ertragsdaten abgebildet wird.

Erwartungsgemäß besteht jedoch auch ein erkennbarer Zusammenhang zwischen der Klimatischen Wasserbilanz im Frühjahr und Fröhsommer vor der Ernte (KWB_{III-VII}) und der Stärke der Beziehung zwischen Bodenzahlen und Ernteertrag (Tabelle 1; Abb. 4).

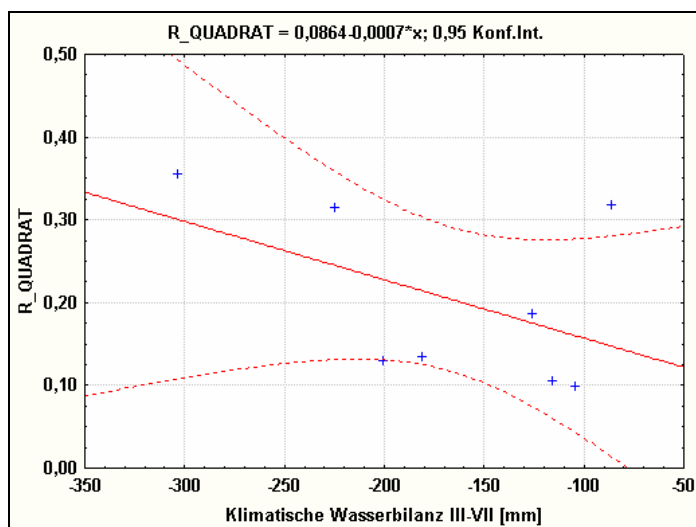


Abb. 4: Zusammenhang zwischen der Klimatischen Wasserbilanz März bis Juli (KWB_{III-VII}) und den Bestimmtheitsmaßen (r^2); Regressionsfunktion und 0,95 Konfidenzintervall

Der erwartete Zusammenhang in Abb. 4 wird durch das Wertepaar $-86; 0,3174$ offensichtlich stark beeinflusst. Hierbei handelt es sich um das Datenpaar aus dem Jahr 2007.

Im April 2007 fielen im Untersuchungsgebiet nur 5 mm (!) Niederschlag, was mit Sicherheit zu einer deutlichen Ertragsdifferenzierung auf dem Standort beigetragen hat; in den darauf folgenden 3 Monaten wurde mit 319 mm mehr als die Hälfte des üblichen Jahresniederschlages registriert, wodurch die Klimatische Wasserbilanz ungewöhnlich stark aufgebessert wurde.

An dem Beispiel wird deutlich, welcher Stellenwert auch der Niederschlagsverteilung innerhalb der Vegetationsperiode zukommt.

Für die mehrjährige Betrachtung wurde für jede Rasterzelle der Mittelwert der Relativerträge berechnet und in Beziehung zur Bodenzahl gesetzt (Abb. 5a). Die gemeinsame Auswertung von Ertragsdaten aus acht Erntejahren lässt auf längere Sicht einen deutlichen Zusammenhang zwischen den Bodenzahlen der Bodenschätzung und dem Ernteertrag erkennen. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression beträgt $r^2 = 0,48$.

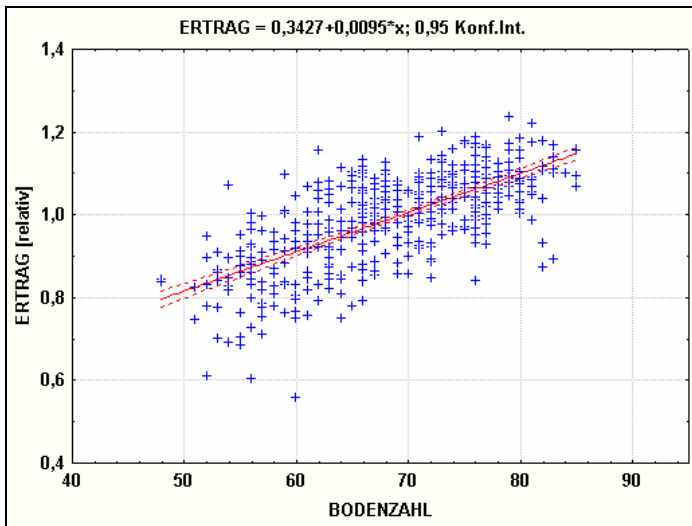


Abb. 5a: Zusammenhang zwischen Bodenzahlen und Ernteertrag, alle Ernten 2000 – 2007, 30 x 30 m-Raster; Regressionsfunktion und 0,95 Konfidenzintervall

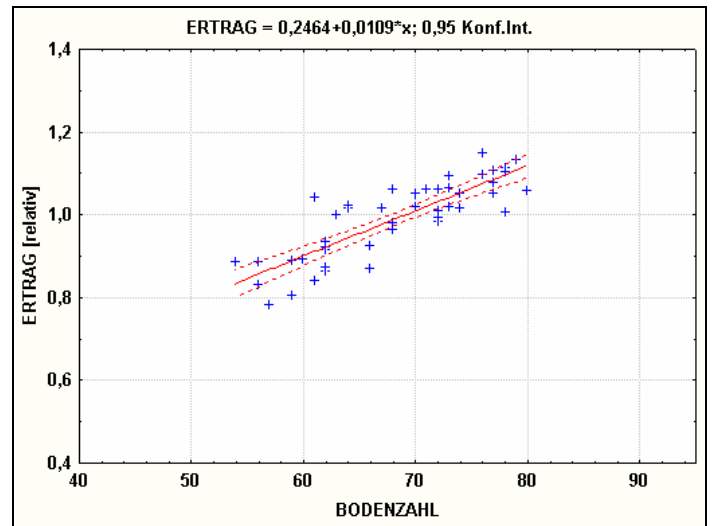


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Bodenzahlen und Ernteertrag, alle Ernten 2000 – 2007, 100 x 100 m-Raster; Regressionsfunktion und 0,95 Konfidenzintervall

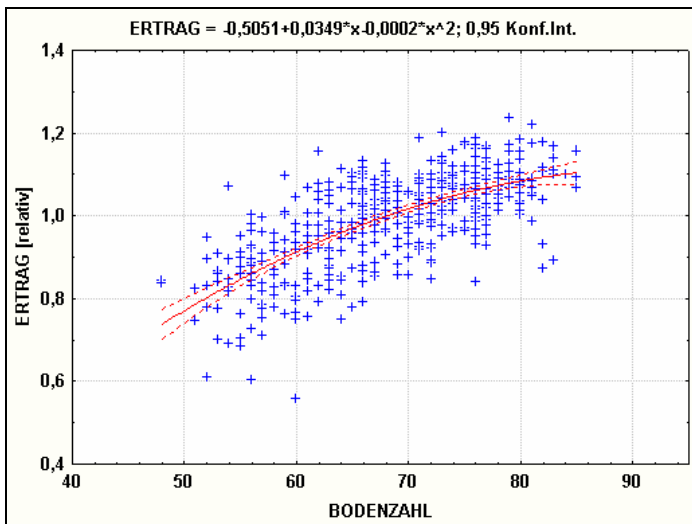


Abb. 5b: Zusammenhang zwischen Bodenzahlen und Ernteertrag, alle Ernten 2000 – 2007, 30 x 30 m-Raster; Regressionsfunktion und 0,95 Konfidenzintervall

Genau so gut wie die lineare Funktion in Abb. 5a lässt sich an das vorhandene Datenmaterial eine polynomische Funktion 2. Grades anpassen (Abb. 5b; $r^2 = 0,50$).

Die veränderte Darstellung spiegelt neben dem Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs auch die verbreitete Meinung wider, dass mit Bodenzahlen > 80 hauptsächlich nur noch die Optik (Schwarzfärbung) der Böden bewertet wird. In diesem Sinne weist zum Beispiel HARRACH [7] darauf hin, dass das Ertragspotential von Parabraunerden aus Löss, die mit Bodenzahlen zwischen 70 und 80 bewertet werden [8], heute durchaus vergleichbar mit dem der höher bewerteten Schwarzerden sein kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass unter Anwendung der beschriebenen Methodik auf dem untersuchten Schlag, im Maßstab eines 30 x 30 m-Rasters, etwa die Hälfte der langjährigen Ertragsunterschiede anhand der Bodenzahlen der Bodenschätzung erklärt werden kann. Wird die beschriebene Auswertung für ein 1 ha-Raster vorgenommen (Abb. 6), können mehr als $\frac{2}{3}$ der langjährigen Ertragsunterschiede auf dem Beispielschlag mithilfe der Bodenzahlen der Bodenschätzung dargestellt werden ($r^2 = 0,71$).

5. Literatur

- [1] Bundesministerium der Finanzen (2007): Gesetz zur Schätzung des landwirtschaftlichen Kulturbodens, Bundesgesetzblatt Teil 1 Nr. 69, S. 3176-3183
- [2] Rötcher, T.; Christen, O. und Spilke, J. (2006): Zusammenhänge zwischen Wertzahlen der Bodenschätzung und dem Naturalertrag auf einem Ackerschlag in Thüringen. In: Mitt. d. DBG Nr. 108, S. 93-94
- [3] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2005): Wasserhaushaltsgrößen von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen, Eigenverlag
- [4] www.pirol.fh-osnabrueck.de/pirol-openjump.html
- [5] www.cis-rostock.de/cisrostock/software/gila/expert.htm
- [6] www.topol.de
- [7] Harrach, T. (2008): Fragen und Anregungen zur Bewertung bester Böden (Höchstleistungsstandorte), *Beitrag zur selben Tagung*
- [8] Scheffer, F. und Schachtschabel, P. (2002): Lehrb. der Bodenkunde, 15. Auflage, S. 552